目　录

绪　论 …………………………………………………… (1)

第一节　军事科技与《军事科技发展史》 ………………… (1)

第二节　军事科技发展的历史概要 ……………………… (9)

第三节　学习和研究军事科技史的意义 ………………… (17)

第一篇　古代军事科技 …………………………………… (24)

第一章　古代军事科技产生和发展的历史条件 ………… (24)

第一节　古代军事科技与古代战争 ……………………… (25)

第二节　古代军事科技与古代科学技术 ………………… (32)

第三节　古代军事科技与古代物质生产 ………………… (40)

第二章　古代军事科技的发展 …………………………… (46)

第一节　冷兵器制备技术 ………………………………… (46)

第二节　火药的发明和火器的制造技术 ………………… (55)

第三节　其他作战器械的研制技术 ……………………… (61)

第四节　古代的军事通信技术 …………………………… (68)

第五节　古代的军事工程技术 …………………………… (76)

第六节　古代的军事后勤保障技术 ……………………… (84)

第二篇　近代军事科技 …………………………………… (92)

第三章　近代军事科技发展的历史条件 ………………… (93)

第一节　近代军事科技与近代科学技术 ………………… (93)

第二节　近代军事科技与近代战争和军事科学理论…… (101)

第三节　近代军事科技与军事经济……………………（109）
第四章　枪械技术的发展……………………………（115）
第一节　前装滑膛枪的出现与发展……………………（115）
第二节　近代步枪制造技术……………………………（121）
第三节　枪械的自动化技术……………………………（127）
第五章　火炮与坦克技术……………………………（134）
第一节　火炮技术的产生………………………………（134）
第二节　专用火炮技术的发展…………………………（139）
第三节　坦克技术的产生和发展………………………（146）
第六章　军用航空技术………………………………（154）
第一节　早期的军用飞行器……………………………（154）
第二节　军用飞机的诞生………………………………（157）
第三节　军用飞机技术在两次世界大战中的发展………（162）
第七章　舰艇技术……………………………………（176）
第一节　水面舰艇技术…………………………………（176）
第二节　潜艇技术………………………………………（193）
第八章　军事电讯技术………………………………（201）
第一节　军事电讯技术的产生和发展…………………（201）
第二节　军用雷达技术…………………………………（214）
第九章　军事生物化学技术…………………………（220）
第一节　军事生物技术…………………………………（220）
第二节　军事化学技术…………………………………（230）
第十章　军事工程技术………………………………（242）
第一节　筑城技术的发展………………………………（242）
第二节　设障与排障技术………………………………（247）
第三节　军事伪装技术…………………………………（252）
第四节　军事交通技术…………………………………（257）
第十一章　军事后勤保障技术………………………（262）

第一节　物资保障技术……………………………………（262）
第二节　医疗救护技术……………………………………（271）
第三节　运输保障技术……………………………………（277）

第三篇　当代军事科技……………………………………（284）
第十二章　当代军事科技发展的历史条件…………………（285）
第一节　当代军事科技与战后世界经济和政治…………（285）
第二节　当代军事科技与现代战争………………………（295）
第三节　当代军事科技与新技术革命……………………（302）
第十三章　常规武器制备技术的新发展……………………（312）
第一节　陆军武器装备的新发展…………………………（312）
第二节　军事航空技术的新发展…………………………（321）
第三节　舰艇技术的新发展………………………………（328）
第十四章　军事核技术………………………………………（340）
第一节　军事核技术的产生………………………………（340）
第二节　20 世纪 50 至 60 年代军事核技术的发展 ……（351）
第三节　20 世纪 70 年代以来核武器采用的新技术 ……（359）
第十五章　导弹技术…………………………………………（364）
第一节　导弹的出现与发展………………………………（364）
第二节　导弹技术及其发展………………………………（372）
第十六章　情报、通信与指挥自动化技术 …………………（387）
第一节　当代通信新技术…………………………………（387）
第二节　情报技术的新发展………………………………（397）
第三节　C^3I 系统 ……………………………………………（403）
第十七章　电子对抗技术……………………………………（409）
第一节　战后迅速发展的电子对抗新技术………………（409）
第二节　战后电子对抗技术的应用特点和发展趋势……（426）
第十八章　军事工程技术的新发展…………………………（433）

第一节　防护工程技术……………………………………………（433）
第二节　野战军事工程技术………………………………………（438）
第三节　军用工程机械技术的发展………………………………（448）
第十九章　当代的军事后勤保障技术……………………………（454）
第一节　战后军事后勤保障技术的新发展…………………………（454）
第二节　军事后勤 C^3I 技术 ……………………………………（464）
结束语………………………………………………………………（469）
参考文献……………………………………………………………（470）
后　记………………………………………………………………（474）

绪　　论

军事科技发展史是一门新兴的学科。明确军事科技的涵义、地位及其一般特征，掌握《军事科技发展史》的研究对象和主要内容，初步了解军事科技发展的历史概要，并懂得研究军事科技史的重要意义，是学好这一门课程的基础。

第一节　军事科技与《军事科技发展史》

研究军事科技发展史，首先要弄清什么是军事科技，它的一般特征及在军事领域中所处的位置。进而明确《军事科技发展史》所涉猎的内容，军事科技如何在战争及社会其它要素的相互作用中发展，表现出哪些规律。

一、军事科技及其特征

军事科技是指人们在武装斗争领域中，根据战争的特殊需要，运用自然规律创造的军事物质手段和有关知识、经验、技能的总和。军事科技包括人们在社会实践中认识自然规律所形成的与军事斗争有关的理论、经验和技能，及运用这些知识与技能所形成的军事装备、军事工程设计方案和技术措施，也包括人们将军事科技知识物化而形成的军事物质设施和物质手段，其中最主要的是武器装备。

军事科技是自然科学技术的组成部分。自然科学技术以学科划分，可大致分为基础学科（天、地、生、数、理、化）和应用

学科（工、农、医、军）；以层次划分，可分为理论自然科学、技术科学和工程技术。军事科技从学科上说属于自然科学技术的应用类学科，从层次上说属于技术科学和工程技术。军事科技与其它自然科学技术的门类一样，以认识和利用自然规律为根本途径，以改造客观世界为根本目的。但是，军事与战争是人类社会的一种特殊现象，它的发生和发展与自然界发生的现象存在着一定的差异，因此战争的规律是军事科技特别需要认识和利用的。同时，军事科技用于人与人的斗争，它与一般自然科学技术用于人与自然的斗争也是不同的，有其自身的特点。

军事科技也是军事科学的重要组成部分。军事科学是关于战争性质、战争规律、武装力量和国家的战争准备，以及战争进行的方法的知识体系。其中包括军事学术（战略学、战役学、战术学）理论，军事建设（兵员、兵制、技术装备、军队的动员与补充）理论，军事训练与教育（培养具有优秀思想品德、相应的军事知识与能熟练掌握和运用兵器的指挥员、战斗员）理论，军事经济与后勤保障（发展军工生产、筹划军费来源、保障物质器材）理论等等。随着军事斗争的发展，军事科学与其他社会学科及自然科学技术各学科之间的联系日益紧密，由此派生出一些专门的学科，如军事地理学、军事心理学、军事科技学等等。军事科技与军事科学的其他学科有紧密的联系，但其中的“科学”并不是军事科学这一大的概念，而是指军事“技术科学”。

军事科技可以从不同的角度进行分类。军事科技以其物质成果的功能分类，可以划分为四种类型：第一，具有直接毁伤敌方人员设备功能的兵器制备技术。其中又可划分为常规武器与非常规武器的制备技术；冷兵器与热兵器的制备技术；长兵器与短兵器的制备技术；固定武器与活动武器的制备技术；陆军武器、空军武器、海军武器与特种兵武器的制备技术等等。第二，具有保护己方人员和设备功能的军事工程技术。包括筑城技术、野战工

事技术、排障与设障技术、伪装技术、舟桥技术等等。第三，具有控制部队与战斗进程功能的情报、通信和指挥技术，包括军事侦察技术、军事通信技术等等。第四，具有满足部队军需供应功能的后勤保障技术，包括物质保障技术、医疗保障技术、交通保障技术等等。军事科技以预定的目的来划分，可以划分为三类：一是纯粹为了战争和军事需要而产生的，如各种兵器的制备技术；二是兼及军事和其它需要而产生或先用于军事后向民用转化的，如通信技术、核能技术、舰空航天技术等等；三是为了社会生产、社会生活的需要而产生而后移植到军事领域的，如建筑技术、医疗技术、交通运输技术等等。军事科技以产生的年代来划分，可以分为古代军事科技，近代军事科技和当代（或现代）军事科技。

军事科技是构成军队战斗力的重要因素，是衡量国家军事实力的重要标志之一，是决定战争胜负的重要条件。随着军事科技的发展，它在战争中显示出越来越重要的作用，特别是在现代战争中军事科技在军事领域的各个环节上都显示出巨大的威力。邓小平同志指出："科学技术是第一生产力"。同理，军事科技是战斗力。关于这一点，已经不断地被军事实践所证明，也逐渐形成了人们的共识。当然，战争是交战双方军力、经济力、人力和人心的全面较量，任何军事科技与武器装备都要靠人来掌握。因此，在战争中人的因素是起决定作用的。只有依靠高素质的人，才能有效地发挥军事科技的作用。

军事科技的主要特点是：第一，具有明确的目的性。军事科技产生和发展的最终目标就是为了赢得战争的胜利。无论预定目的是否直接用于军事和战争，相关的科学技术一旦进入军事科技范围，其目的只有一个，就是为了在武装斗争中取得主动权并最终赢得胜利。第二，具有一定的整体性。军事科技是客观物质因素与主观精神因素相互作用的产物。在军事科技中，客观的物质

因素（军事设施和兵器）和主观精神因素（知识、经验和技能）是统一的。既不能把军事科技仅仅理解为一种物质手段而忽略了人的知识、经验和技能，也不能把军事科技看作纯粹的精神因素而忽视了它的客观物质因素。同时，军事科技各部分在内容和结构上也是相互联系，相互渗透，不可分割的。第三，具有相应的综合性。军事科技是反映和利用自然规律和军事规律的结果。军事科技从总体来说，是对自然界各种物质属性的认识和运用，一般自然科学技术的内容均能够为军事科技所采纳。但是，由于军事和战争有其特殊的规律，诸如攻与防、战略战役战术中的规律，以及与军事主体相关的生理、心理等等因素，军事科技必须进行综合的研究。第四，具有突出的实践性。军事科技既是军事实践的产物，也在军事实践中表现出来。就某一项军事科技来看，一般都是根据军事和战争的需要，应用相关的自然科学和军事科学的知识形成军事技术原理，然后经过规划、设计、生产，制造出合用的军事装备，并在实践中进一步改进。实践贯穿于军事科技发展的全过程。第五，具有很强的实用性。军事科技是战斗力，它与高素质的军事主体相结合，与先进的军事思想、科学的军队编成、严格的军事训练、正确的军事指挥和可靠的后勤保障相配合，能够在战争中发挥巨大的作用。

二、《军事科技发展史》的研究对象、主要内容和历史分期

军事科技发展史是关于军事科技产生、发展及其规律的科学。它着重研究在生产实践和军事实践的基础上将一般自然科学技术运用于武装斗争，并形成自身独特研究领域与科技成果的历史。人类社会自从有了战争、军队以后，为了赢得战争的胜利，人们除了研究和探讨战争的规律、制胜的谋略之外，还特别重视利用和借助于自然力以取得主动地位。人们在长期的军事实践中，不断地积累着相关的经验和技能，又不断地用这些经验和技能改进军事装备，并且运用理论、自然科学和民用技术来加以创

造、丰富和完善。经验和技能不断积累的过程、一般自然科学技术不断“引进”的过程，军事装备不断的改进过程也就构成了军事科技发展的历史。

任何一门学科都在于研究其内在规律。军事科技作为一种社会现象，在发展过程中与社会的各个要素之间相互联系，相互渗透，相互作用，表现出一定的规律性。

第一，军事科技与军事、战争诸要素之间的联系。首先，军事需要是推动军事科技发展的动力。在阶级存在的社会中，国家安全是很重要的事情。因此，国防和军事的需要往往是推动和激励军事科技发展的一个最有力的因素。军情如火，迫使人们在与军事相关的科研上舍得大量投资，组织大规模的科研，集中人力、物力、财力进行攻关，由此加速了军事科技的发展。英国的科技史学家贝尔纳说：“科学与战争一直是极其密切地联系着的；实际上，除了19世纪的某一段期间，我们可以公正地说：大部分重要的技术和科学的进展是海陆军的需要所直接促成的。”（贝尔纳：《科学的社会功能》，商务印书馆1986年版，第241页）其次，军事科技的发展，受军事思想和战略、战术的指导。一般说来，军事战略思想、军事学术的变化，能够影响战争的时空形式、战略战术和作战样式以及军队编成，这就不可避免地对军事科技提出了新的要求，从而推动了军事科技的发展。同时，军事科技也对军事思想、战略战术乃至军队建设产生重大影响。恩格斯曾指出：“一旦技术上的进步可以用于军事目的，它们便立刻就几乎强制地、而且往往是违反指挥员的意志而引起作战方式上的改变甚至变革。”（《马克思恩格斯全集》第20卷，第187页）“随着新式武器即火器的发明，军队的全部内部组织就必然改变。”（《马克思恩格斯全集》第6卷，第476页）军事科技推动了武器装备的更新，推动了军队结构、编成的不断完善，推动了作战样式的不断更新，推动了军事效能的不断提高。

第二，军事科技与社会生产力之间的关系。军事科技的发展受到军事、战争诸因素的制约，但是归根结底取决于国家的经济发展水平，即受生产力的制约。恩格斯早在一个多世纪以前就曾经指出："增长了的生产力是拿破仑作战方法的前提；新的生产力也同样是作战方法上每次新的改进的前提。铁路和电报现在在欧洲战争中一定会给一位有才干的将军或陆军部长采取新的方法的机会。"（《马克思格斯列宁斯大林军事文选》第22页）军事科技的发展之所以受制于社会生产，是因为社会的物质生产为军事科技的发展提供了物质基础，生产实践又是军事科技得以产生和发展的源泉之一。与此同时，军事科技对社会生产又具有反作用。一方面，军事科技的发展使战争的规模和破坏力不断增强，这是对社会生产力的破坏，运用最新的科技成果于战争将对生命财产造成更大的损失；另一方面，军事科技又可以转化为民用技术，大大地提高社会物质生产的能力。

第三，军事科技与一般科学技术的关系。人类早期的科学技术没有严格的区分，奴隶社会以后科学逐渐与技术分离了，本世纪以来科学技术在分化的基础上形成了新的综合，一体化趋势越来越明显。在这一体系中，理论自然科学是基础，技术科学是中介和桥梁，工程技术是科学的应用。军事科技必须依赖于理论自然科学的成果，一般说来自然科学的最新成就往往首先用于军事，引起军事科技的变革。军事科技又要依托于民用技术，没有民用技术的支撑，军事科技就难以实现和发挥自己的作用。但是，军事科技对一般自然科学技术也具有反作用。一方面，军事科技的发展，向理论自然科学提出了许多新的课题并提供了新的实践内容，这就促进了理论自然科学的发展；另一方面，民用技术可以转化为军事科技，而军事科技也可以转化为民用技术，军事科技与民用技术相辅相成，互相渗透，共同发展。军事科技通过战争有破坏科研环境、毁坏科技设备等阻碍科学技术发展的消

极方面，又在一定程度上能够促进科学技术的发展。

第四，军事科技内部诸因素的关系。军事科技还有着自身的矛盾运动，战争和军事科技的发展本身就充满着辩证法。有矛必有盾，有进攻就有防御。一种进攻武器的出现，一定有相应的防御手段的产生；而一种防御技术的出现，又必然促进新的进攻武器的发展。这种矛盾运动贯穿于整个军事科技的发展过程。从军事科技一般要素来看，军事科技知识、经验、技能与设计、工艺、方法以及物化的军事装备之间形成了互相转化的有规律的发展过程。从军事科技的主要内容来看，武器制备技术、工程技术、情报通信与指挥技术、后勤保障技术也是相互制约、相互影响的。从军事科技发展的过程来看，由于其组成特性、结构和职能的进步，由单个分离的状态走向有机统一的整体。正如马克思在概括机器发展的过程时指出的："简单的工具，工具的积累，复合的工具；由一个发动机即人手开动复合工具，由自然力开动这些工具；机器；有一个发动机的机器体系；有自动发动机的机器体系——这就是机器发展的进程。"（马克思：《哲学的贫困》，《马克思恩格斯全集》第4卷第168页）机器发展的规律同样也适合于军事科技。

军事科技发展的有关规律就是军事科技发展史研究的内容。概括地说，军事科技史所要研究的主要内容是：军事科技发展的社会物质文化背景（包括军事科技与社会生产、社会制度、社会文化以及一般自然科学技术的关系）；战争与军事科技的相互作用（包括战争规模与样式、军队的军制与编成、军事思想与战略战术等等与军事科技的关系）；军事科技思想、军事科技发明、军事科技成果的历史沿革；军事科技的主要发明人、代表著作、学术思想及其在军事科技发展史中的地位；军事科技的物化形式（包括兵器、军事工程、情报通信指挥系统、后勤保障手段和其它军事装备和军事设施）；军事科技在战争中的运用以及对整个

社会的影响。

自从有战争，就有了军事科技，至今已有四千多年的历史。这一漫长的历史可以划分成若干个时期。关于军事科技的历史分期，有不同的说法。第一种分期方法是把军事科技史与一般自然科学技术史分期相一致，分为古代的军事科技（有文字的历史开始到 15 世纪)、近代的军事科技（15 世纪到 19 世纪末）和现代的军事科技（20 世纪至今)。这一种分期方法断代的时间清晰，比较准确地反映了科学技术结构（从科学技术混沌一体——科学技术的分化——科学技术分化基础上的综合）以及带头学科（古代的天文、地学——近代的经典力学——现代的相对论和量子力学）的演变状况，但很难反映军事科技自身的特点。第二种分期方法是以兵器作为主要标志，分为冷兵器时代的军事科技（有文字的历史开始到火药发明的 12、13 世纪)、火器时代的军事科技(12、13 世纪至 20 世纪 40 年代中期第二次世界大战结束）和核兵器时代的军事科技（20 世纪 40 年代中期至今)。这种分期方法鲜明地反映了军事科技的特点，但也有它的缺陷。一是单纯以兵器的发展作为军事科技的分期，不能全面地反映军事科技的历史面貌；二是对火器时代和核兵器时代的概括不能准确地说明相应时期的军事科技状况，12、13 世纪时早期火器尽管在战争中得到了应用但作用甚微，而从 20 世纪初开始的军事科技不仅仅是火器的运用，而且还有坦克、飞机、军舰等军事机械化技术的发展；至于第二次世界大战结束至今也不仅仅是核兵器技术的发展，还有军事电子技术的崛起，而且后者比起前者越来越具有代表性。三是与整个科学技术史乃至社会发展史脱节较大，12、13 世纪既不是科学技术也不是社会形态质变的分界线，很难有机地反映军事科技与一般自然科学技术和社会因素的关系。还有一种分期方法考虑到军事科技分期的难度，将其分为古代与近现代两个时期，以 15 世纪分界。上述关于军事科技的分期方法都有一

定的科学依据和合理的成份。本教材综合了各家的观点，考虑到军事科技自身的特点和与社会诸因素的关系，把军事科技分为三个时期，即古代军事科技（公元前3000年到15世纪，中国到19世纪中叶）、近代军事科技（15世纪到第二次世界大战前后）和当代军事科技（第二次世界大战前后至今）。

第二节　军事科技发展的历史概要

纵观人类历史，军事科技的发展大致经历了三个阶段：即以冷兵器制造与使用为主要特征的古代军事科技；以热兵器与机械化技术为主要特征的近代军事科技；以核技术和电子技术为主要特征的当代军事科技。

一、以冷兵器制造与使用为主要特征的古代军事科技

冷兵器指直接靠人的体力操作，用于斩击与刺杀的武器。冷兵器可分为手持兵器（刀、矛、剑等）和投射兵器（弓、箭、弩和抛石机等）。“人类是从野兽开始的，因此，为了摆脱野兽状态，他们必须使用野蛮的、几乎是野兽般的手段。”（《马克思恩格斯选集》第3卷第220页）而把“对人的狩猎（战争）称为最初的狩猎形式之一，这也许不是不对的。”（《资本论》第1卷第371页）因此，人类在早期的氏族战争中所使用的武器也就是作为狩猎和原始农业生产的工具，通常是石刀、石斧和弓箭等等。到原始社会后期，兵器逐渐从狩猎和农业生产工具中分离出来，有了自己独特的样式。冶金技术的出现使兵器发生了革命性变化。石兵器逐渐被铜兵器、铁兵器所代替，产生了金属的枪、戟、矛、刀、剑、矢、斧、锏、锤以及匕首等长短兵器。进攻性武器的产生和发展使防御性技术也得到了发展，出现了盔、甲、盾等防护器具。冷兵器的制备，形成了古代军事科技发展的主要

线索。

除冷兵器制备技术之外，战骑、战车、战船在古代战争中也已出现。游牧民族在战争中多以骑兵为主，马鞍、马镫的发明和马甲的采用，提高了骑兵的作战能力。古代战车曾在战争中起过重要作用，战车的设计与制造的演变，表现了古代人类高超的智慧。随着造船技术由原始的独木舟发展为木板桨船并逐步用于军事，分化出专门用于水战的战船，并逐渐形成了适应战争需要的形制，后来又出现了大型的风帆战船。战车、战船技术是古代军事科技发展的重要内容。

在古代战争中，已经开始运用原始的火器。大约在7、8世纪，中国的炼丹家发明了火药。10世纪初，中国唐代末年开始将火药用于军事。宋代出现了燃烧性火器、爆炸性火器和竹制的管形火器，发明了利用火药喷气推进的火箭。13世纪中叶，中国发明了发射子窠（弹丸）的突火枪。此后不久，出现了金属铸造的火铳。不过，当时的火器数量不多，质量不高，在战争中只是作为辅助性武器，作战仍以冷兵器为主。

以冷兵器为主要作战工具决定了古代的作战方式只能是集团布阵、短兵相接。于是，在战场上就以摇旗、鸣金、击鼓、举火等简易信号进行指挥。统帅部与战区、战区与战区之间的联络靠信鸽、人徒步或坐骑传递进行运动通信。由此形成了古代的军事通信技术。

古代的工程技术和后勤技术也是与冷兵器相适应的。为了防御敌方的进攻，筑城和设障技术发展起来了。城堡、城池的修建是最早的军事土木工程，以后出现了大规模的防御体系，中国的万里长城，就是闻名古今中外的军事筑城。在野战工事方面，出现了以帐篷、壁垒、壕沟等等设施组成的营寨。为了便于攻防和联络，古代世界各国都修筑了兵道、驿路等军事通道。在渡河工具方面，古代以竹木筏、羊皮筏为主要工具。所有这些构成了古

代军事工程技术的内容。在军事后勤技术方面，主要表现在粮草的储存与运送、军用牲畜的驯养与使用以及金创医治技术等等方面。在古代，由于生产水平低下，科学技术发展缓慢，军事科技的发展步履艰难。

二、以热兵器制造和机械化技术为主要特征的近代军事科技

中国发明的火药和火器，于12至13世纪先后传入阿拉伯国家和欧洲，由此引起了热兵器制备技术的产生和发展。14世纪末欧洲出现了前装滑膛枪，15世纪出现了火绳枪，17世纪中叶出现了燧发枪。与此同时，火炮制造技术也产生和发展起来。15世纪，出现了炮身和药室一体铸造的青铜炮，炮上安装了炮架和瞄准装置，并用铁弹代替了石弹和铅弹。为提高机动性，还出现了轮式火炮，并采用了颗粒火药。16世纪，火炮已成为舰船的主要武器。17世纪初，开始以定量药包代替散装火药，并出现了霰弹。19世纪，枪炮的设计出现了一系列重大改进：管身由滑膛改为线膛；装弹方式由前装改为后装；弹丸由球形实心弹发展成为装有弹头、发射药和预压底火的定装式枪弹、炮弹，出现了击针式枪炮。1883年，美国人马克沁发明了利用火药燃气促动的机枪，开创了枪炮自动装弹的历史。此后，各种不同结构的机枪、自动步枪和冲锋枪相继问世。法国科学家维埃耶于1884年、瑞典化学家诺贝尔于1888年先后研制成功单基和双基无烟火药，促使枪炮结构和性能有了新的改进。20世纪初，出现了梯恩梯炸药，大大提高了炮弹和其他爆破装置的杀伤破坏威力。

随着热兵器的制造和社会生产机械化的发展进程，军队的机械化技术（包括坦克、飞机、舰艇等等）获得了迅速发展。在第一次世界大战期间，为了有效突破由堑壕、铁丝网和机枪火力组成的防御阵地，英法等国开始研制将火力、装甲防护能力和机动能力结合为一体的新兵器——坦克。20世纪30年代末期，一些主要工业国的陆军开始实行以坦克为基础的机械化。由于坦克的

出现，各种反坦克技术装备也相应地发展起来。反坦克地雷、反坦克枪炮和各种穿甲弹、破甲弹相继出现。在坦克发明的同时，各种航空器在军事上得到应用和发展。1903 年，美国莱特兄弟驾驶自制的第一架动力飞机试飞成功，引起了军事家的注意。美、英、法、德、意等国相继开始研制军用飞机。在第一次世界大战后期，飞机已经成为一种重要的兵器，有了侦察机、轰炸机、歼击机和强击机。在第二次世界大战期间，交战双方大量装备了各种飞机。飞机用于军事后，防空武器随之发展起来。在第一次世界大战中，各主要参战国均已装备了高射炮和高射机枪。到第二次世界大战时，出现了较为先进的观测、瞄准和指挥器材，特别是产生了雷达组成的防空武器系统，防空能力有了显著提高。军用舰艇在这一时期也有了质的飞跃。19 世纪初，蒸汽机用于明轮舰船。19 世纪 40 年代发明螺旋桨推进器后，蒸汽动力战舰迅速发展起来，并开始采用装甲防护，出现了装甲舰。潜艇的发明是近代军事科技发展中的重要事件。19 世纪 90 年代，双推进动力系统的潜艇开始出现并得到发展。随着水面舰艇和潜艇技术的发展，水中武器和反舰、反潜技术设备相继兴起，出现了水雷、鱼雷、深水炸弹和声纳、磁性探测仪等等。在第二次世界大战期间，由于海军航空兵和潜艇的广泛使用，航空母舰受到了重视，成为海战的主力。

由于热兵器以及坦克、飞机、舰艇的出现，近代战争在时空形式上发生的变化，由此对军队的指挥通信方式提出更高的要求。19 世纪 40 年代至 19 世纪末，美国发明家莫尔斯、贝尔、俄国物理学家波波夫和意大利物理学家马可尼相继发明了有线电报、电话和无线电报，实现了信息的远距高速传输，引起了通信技术的革命。这些成就运用于军事，从根本上改变了军队指挥通信方式，从而有可能迅速有效地组织起广大地区的大规模作战。20 世纪 30 年代，英国发明了雷达后，无线电技术进一步应用于

侦察、警戒、跟踪和导航等方面，大大提高了部队的作战效能。同时，利用电磁波进行侦察和反侦察、干扰和反干扰的斗争也迅速发展起来，逐渐形成了一个新的战斗形式——电子战（电子对抗）。

随着枪炮的出现和性能的改进，古老的城堡难以抵御大炮的轰击，士兵的盔甲无法防御枪弹的射击，沉重的大炮和辎重对道路和桥梁提出了更高的要求。火药广泛应用于爆破，地雷应用于实战。这些变革促使军事工程进入了一个新的发展时期。城墙—城塔体系开始向炮台式要塞筑城体系演变；野战筑城在战争中占有越来越重要的地位。设障与除障、布雷与排雷、军事伪装、爆破、筑路架桥等工程技术也迅速发展起来。兵器的发展也对军事后勤技术提出了新的要求。军事后勤在物资（油料、弹药、给养）保障、医疗（防疫、野战救护、特种医疗）保障、交通（陆路运输、水路运输、航空运输）保障以及兵器、军事工程和运输工具的维修等技术方面均获得了前所未有的发展。

三、以核技术与电子技术为主要特征的当代军事科技

第二次世界大战前后，以核能、电子计算机和航天技术为重要标志的现代科学技术在军事上的运用，使军事科技进入了一个崭新的时代。

人们从19世纪末开始对原子核进行研究，到20世纪30年代原子核物理理论逐渐成熟起来。根据这一理论推测，利用重原子核裂变链式反应可以制成威力空前强大的炸弹——原子弹。美国政府为了在第二次世界大战中取得主动，根据物理学家爱因斯坦的建议，决定研制原子弹。1942年，美国研制原子弹的“曼哈顿工程”开始实施。1945年7月16日，第一颗原子弹试爆成功。同年8月6日和9日，美国向日本广岛和长崎空投2颗原子弹。战后，苏联、英国、法国、中国也相继研制成功原子弹。在研制原子弹的过程中，美、苏两国着手研究利用轻原子核聚变反

应制造威力更大的氢弹。苏联于1953年8月、美国于1954年2月成功地进行了氢弹试验。英国、中国、法国在此后的十几年间也相继研制成功氢弹。60年代以后，美苏又发展了威力更大、可靠性高和安全性好的第二代核武器。70年代后期，开始研制根据目标性质和作战要求而增强或削弱某种核爆炸效应的第三代核武器。1977年，美国宣布研制成功中子弹（又称为增强辐射弹）。核技术不仅用于杀伤性武器，而且还被用作舰艇尤其是潜艇的动力。1954年，美国“鹦鹉螺”号潜艇最先采用核动力。此后，苏、英、法等国也相继开始研制核潜艇。

核武器出现以后，为了提高命中率，各国大力发展制导技术。早在第二次世界大战期间，德国就研制成功V-1和V-2导弹，弹头采用常规炸药。战后，美、苏两国在V-1、V-2导弹的基础上，开始发展采用核弹头的中、远程巡航导弹和弹道导弹。50年代末期，苏联和美国先后成功地发射了洲际弹道导弹。导弹与核武器相结合形成了一代新型武器——导弹核武器。它具有速度快、射程远、威力大的特点，是军事技术的一个重大发展。弹道导弹核武器到目前已经发展到第三代——分导式多弹头导弹核武器。随着电子技术、制导技术和小型喷气技术的发展，巡航导弹重新受到重视。1982年，美国已开始装备机载、舰载和潜艇发射的巡航导弹。制导技术的发展，不仅用于核武器，而且用于常规武器，70年代出现了精确制导武器。它包括各种战术导弹和可制导的炮弹、炸弹等。各种制导武器的出现，推动了反制导武器技术的发展。50年代中期，美、苏两国开始研究反导弹问题，先后发展了两代反导弹武器系统。目前，一些国家正在研究采用激光、微波或高能粒子束等方式建立新的反导弹武器系统。

第二次世界大战以来，各国在大力发展核武器和制导技术之外，常规武器也得到了发展。步兵轻武器实现了多用化、枪族

化、口径小型化、点面杀伤和破甲一体化。火炮射程普遍增大，弹药更加多样化，火控器材有了明显改进。新的主战坦克，普遍采用复合装甲、大功率动力装置、高膛压大口径火炮和综合火控系统。与此相适应，各种反坦克技术手段也得到了发展，反坦克枪炮、火箭筒、单兵反坦克导弹以及火箭布雷和机载反坦克武器相继出现。地对地战术导弹，红外、激光、热成像等夜视器材大量装备部队。地面部队在摩托化的基础上向装甲化、自行化和空中机动化方向发展。在空军武器装备方面，随着喷气推进技术的发展，军用飞机于 50 年代末完成了由活塞式向喷气式的过渡，歼击机速度达 2 倍音速，到 60 年代已超过 3 倍音速，实用升限超过 2 万米。微处理机和其它电子技术的应用，使武器火控系统和操纵系统的自动化程度不断提高。飞机的性能适应于高、低空和中、远程各种不同的需要。机种臻于完备，包括歼击机、轰炸机、歼击轰炸机、强击机、舰载机、反潜机、侦察机、预警机、电子对抗飞机、空中加油机、运输机和无人驾驶机、教练机、武装直升机等各种机型。根据机种的不同和作战的需要，装备有航炮，空对空、空对地、空对舰导弹和各种航空炸弹。作为运载核武器的战略轰炸机出现于 20 世纪 40 年代。到 70 年代末，美、苏又分别研制成功 B－1 和图－22M“逆火式”战略轰炸机。这类飞机采用可变后掠翼，既能在高空超音速飞行，又能在低空高亚音速突防，技术上达到很高的水平。垂直短距起落飞机的出现，是军事航空技术的新发展。在海军武器装备方面，导弹逐渐成为主要的舰载武器，许多大、中型水面舰艇均使用燃气轮机或联合动力装置，许多潜艇采用核动力，提高了续航力和隐蔽性。舰艇还普遍加强了反潜、防空和电子战能力。

核武器、制导武器的出现和常规武器装备的不断改进，极大地影响着作战的样式和战争的进程，推动了军事情报、军事通信、军事指挥技术的发展。在军事情报方面，现代侦察技术采用

了包括雷达侦察、电视侦察、无线电侦收和测向、声纳以及其它各种探测器的侦察手段，侦察方式已从地面侦察、航空侦察扩展到航天侦察，采用可见光、红外、微波等多种遥感技术，搜集军事情报。在雷达、红外和航天技术发展的基础上，60 年代以后战略预警系统也发展起来了。在军事通信方面，第二次世界大战以来出现了微波接力通信、散射通信、流星余迹通信、卫星通信和光通信等多种通信手段，传输方式正向着数字化、自动化、网络化方向发展。在军事指挥方面，日益向高度自动化、灵活可靠、反应快速、生存能力强和保密性好等方面发展。60 年代以来，情报、通信和指挥联结得越来越紧密，由此出现了 C^3I 系统。它是由电子计算机、情报信息处理、指挥运算程序、通信网络和有关系统接口而形成的体系，对部队实施指挥。计算机技术除应用于 C^3I 系统外，还广泛应用于武器自动控制、后勤管理、作战模拟、军事训练等方面。随着计算机技术和微电子技术的发展，电子侦察、电子干扰和电子防御等军事电子对抗技术突飞猛进。60 年代，红外、激光等光电技术的广泛应用，使军事电子对抗领域进一步扩展。军用电子侦察卫星的出现，又使电子对抗的作战范围从地面、海洋、空中扩展到外层空间。70 年代以来，新研制的电子对抗设备广泛采用微处理机和数字编码技术，并与武器系统紧密结合，大大提高了电子对抗和实施攻击的能力。

军事装备的新发展和战争样式的新变化，使军事工程技术也有了相应的发展，军事防护工程由原来的若干条防线转向国土立体防护，包括海、边防工程和地下防护工程。核武器出现和使用后，为了使防护人员和武器装备免受或减轻核爆炸产生的冲击波、光辐射、早期核辐射和放射性沾染等杀伤破坏效应的损害，研究和采取了包括工程防护以及穿戴个人防护器材等综合防护措施。在野战军事工程方面，出现了新式布雷和探雷技术、综合伪装技术、机械化舟桥技术、新式爆破技术和装配式工事技术等

等。军事工程的日趋复杂，也推动了各种军事工程机械技术的发展。当代的军事后勤保障技术随着其它技术的发展也得到了发展。由于后勤保障要素的日益复杂化，C^3I 技术在后勤保障中得到了运用。为了适应现代战争的需要，现代民用技术广泛地移植到军事后勤技术之中，建立起平战结合的保障技术体系。

只要有战争和战争威胁的存在，军事科技就不会停止发展。未来军事科技的发展将取决于科学技术的进步和军事上的需要。科学技术的最新成果必定以更快的速度、更大的规模应用于军事领域。微电子技术、电子计算机技术和航天技术的发展，将使军事科技发生全面的深刻变化。大规模集成电路广泛应用于军事技术的各个领域，将使军用电子设备实现超小型化和操作简单化，并使各种武器系统的性能得到进一步的提高。电子计算机的发展，将使武器装备向高度自动化和智能化方向发展。航天技术的发展，可能使外层空间成为新的战场。军用航天器在侦察、预警、通信、导航、气象和测地等方面发挥着越来越重要的作用。正在研究中的强激光武器、粒子束武器和大功率微波射束武器将会给武器系统特别是战略防御系统带来革命性变化。除上述技术外，随着新能源、新材料、生物工程、海洋工程和其他新技术的发展，基因武器、环境武器、次声武器和超次声武器等特殊武器，也有可能得到发展。

第三节　学习和研究军事科技史的意义

任何科学都是历史的科学。军事科技史向我们展示了军事科技从无到有、从简单到复杂的画卷。古人云：以铜为镜可正衣冠，以史为镜可知兴衰，以人为镜可明得失。在我国进行四个现代化的今天，学习军事科技史具有重要的现实意义。

一、学习军事科技史能够更加深刻地理解党中央和中央军委的一系列重大决策

十一届三中全会以来,党中央和中央军委对我国的军事工作和军队建设提出了一系列重大决策。这些决策包括:国防建设的指导思想实行战略性转移,即从立足于早打、大打、打核战争的临战状态转到和平时期从根本上加强现代化建设的轨道上来;国防建设必须服从国家经济建设的大局,与经济建设协调发展;国防建设要以现代化为中心,当前我军建设的主要矛盾是现代化战争的客观需要同我军现代化水平还比较低的矛盾,要贯彻科技强军的方针;从我国我军的实际出发,坚持独立自主、自力更生,军民结合、平战结合;注重质量建设,走"精兵"之路;把教育训练提高到战略地位,建设一支强大的现代化正规化革命军队;注重研究现代条件下的人民战争,立足以劣势装备战胜优势装备的敌人;坚持和发展积极防御思想,打赢一场高技术条件下的局部战争。

党中央和中央军委的一系列重大决策是在科学地分析了国际国内的形势后形成的,是深刻把握战争和军事规律的结果,也是在总结人类军事战争史的经验教训后得出的。产生这一系列的重大决策的一个重要原因是世界军事科技的飞速发展。通过学习和研究军事科技史,了解军事科技的发展对战争和军队建设的重大影响,了解军事科技与军事学术、军事战略、阵式战法、军人素质以及与社会经济、政治、外交的相互关系,对于深刻理解党中央和中央军委的一系列重大决策具有重要意义。要提高广大干部战士贯彻党中央和中央军委关于军事工作和军队建设一系列重大决策的自觉性和积极性,一方面要从理论上和现实上加以阐述,另一方面也应从军事科技发展的历史中揭示出这些决策的科学性和正确性,这就必须认真学习和研究军事科技发展史。

二、学习军事科技史能够科学地把握现代战争的特点与规律

随着科学技术的发展,现代战争出现了一系列新的特点。一

是武器装备更新换代的速度越来越快，战争手段更加先进。武器装备更新换代的周期从20世纪初20至30年到现在每10年左右甚至更短的时间。高技术的运用，使得武器装备的效能越来越强，激光技术、隐形技术、精确制导技术等新技术已逐步使用到现有的武器系统上，大大提高了武器的准确率和杀伤力。其中，新型精确制导武器的命中率比无制导的同类武器命中率提高了上百倍。电子战装备和电子部件在武器系统和情报、通信、指挥与控制系统中的比重持续上升，电子战将成为战场作战行动的“延伸”，对战争的胜负起着越来越大的作用。高技术的竞争，还可能出现比原子弹威力更加强大的战略武器系统。生物和化学新武器、地球场物理武器、新能束武器和太空武器将在未来的战争中出现。二是战争的时空概念有了巨大改变。战场的范围将空前扩大，未来的战争是在多层次、多维空间同时展开的前后方差距很小的立体战争，随着空间军事技术的发展，太空的争夺将成为新的战场；随着海洋工程和新型材料技术的发展，海上争夺加剧。战争的突然性将比以往更大，战争在作战行动上表现为高度的突然、快速，在时间上表现为速战速决，持续时间短。三是产生了新的作战样式。随着高技术的发展，传统的诸军兵种协同作战的概念被赋于新内容。电子战、导弹战、空间战、机器人战，以及核武器战、化学武器战、生物武器战等作战方式的出现，将会改变传统的作战样式。作战双方将广泛运用各种措施来隐蔽己方的行动，侦察与反侦察、摧毁与反摧毁、保密与反保密的斗争将非常激烈。现代化的武器和运输工具、通信手段的应用，在出敌不意的时间和地点，利用高速度、机动性、隐蔽和佯动措施，使用新式武器和集中兵力等方法实施袭击，以取得事半功倍的效果。在这广阔的战场上，战争将是诸军兵种共同参加、密切配合的大规模、大范围、全过程的合同作战。四是战争指挥将高度自动化。未来战争将采用先进的指挥方法和指挥手段，以对付复杂多

变的战局。军用计算机技术的运用将使侦察、通信与指挥手段进一步智能化，更有效地为战场指挥系统搜集、分析、处理情报和作战信息，并可快速完成战略武器的预警、识别、跟踪、拦截等一系列步骤，并保证指挥员对部队实施全球范围内的自动化指挥。五是战争的残酷性、破坏性空前增大。由于各种新式武器的杀伤力显著增加，战争造成的破坏力为过去的任何战争所不及，战斗环境空前残酷，战争所需要的物资消耗量十分惊人，战争对经济条件的依赖更为显著。

现代战争的特点是与军事科技的发展密不可分的。从历史上看，每一时期的战争都与当时的军事科技的水平相联系，并且表现出一定的规律性。学习军事科技史，了解历史上在不同军事科技背景下战争所呈现出来的不同特点，对于我们科学地认识和把握现代战争的特点与规律有重要意义。只有在此基础上，我们才能树立与之相适应的战略思想，最大限度地发挥人的主观能动性，扬长避短，掌握未来战争的主动权。学习军事科技史，就是运用马克思主义的历史观、发展观和未来观，正确地观察和研究新技术革命对军事领域的影响，对照历史总结和剖析现代战争的方式方法，探索其发生发展的规律，科学地预见未来战争可能出现的新情况、新问题，制定出新的作战指导思想，作战原则和作战方法。从而，为我国的国防现代化建设指出正确的前进方向，铺设通向胜利的道路。

三、学习军事科技史能够全面地提高自身的军事素养

在新技术革命浪潮的推动下，现代战争对军人的素质要求越来越高。高技术将促使军队内部组织和相互关系发生变革，军队整体结构正在发生相应的变化，总兵员额呈减少趋势，而在兵员的构成上非技术兵员人数下降，技术人员的比例上升，直接参战人员比例下降，各种勤务保障人员（包括高技术保障人员）所占的比例大幅增加。无论是哪个军兵种、哪个岗位上的军人，不仅

面对的军事装备的技术含量增大，要熟练地运用它们必须有相关的军事科技知识；而且在协同作战中必须有各军兵种知识和相关的军事科技常识。因此，现代战争对军人的素质、知识结构提出了新的更高的要求。特别是微电子技术、计算机技术和军事系统工程学在军事上的应用，不仅对作战指挥和参谋人员，而且对政治工作人员、后勤保障人员的专业技术知识也都提出了更高的要求。邓小平同志指出："人才是建军之本。没有高度政治觉悟的德才兼备的干部，没有现代科学知识，军队的革命化、现代化、正规化，是无本之木，无源之水。……我们要实现现代化，关键是科学技术要上去；没有有知识、懂科学的大批人才，实现现代化是一句空话。"（《新时期军队建设重要论述选编》，解放军出版社 1987 年版，第 370 页）"现在的军队也不同了。过去的军队是小米加步枪，懂得射击、刺杀、扔手榴弹就可以上阵了。现在海军就得有海军的专业知识，空军就得有空军的专业知识，参谋业务也同那个时候不同，知识面要宽得多。现在军队沿用过去的经验是不行的，而这正是我们要解决的问题。"（《邓小平关于新时期军队建设论述选编》，八一出版社 1993 年 3 月版，第 56 页）造就一大批科学知识素质优秀的军人，对于赢得未来战争是至关重要的。

必须看到，我军的指战员在军事科技素养方面虽然有了长足的进步，但与世界各国的军队相比还有很大的差距，还远远不能适应现代战争的需要。正如邓小平同志指出的："一定要承认我们的科学技术水平与世界先进水平相比，还差很长的一截。要承认我们军队的人数虽然多，但是素质比较差。"（《邓小平文选》第 58 页）这里的差距既有文化基础知识较低的问题，也有军事专业知识缺乏的问题；既有对于本军兵种、本岗位专业技术知识不够精通的问题，更有对其他军兵种和其他岗位的专业技术知识一窍不通的问题。所以当前的一个迫切任务是进行军事科技知识

的普及工作。军事科技史从历史的角度对自古到今的军事科技作了全面的介绍，这种从简单到复杂的介绍，对于在短时期内全面地初步把握军事科技知识具有重要意义。军人以爱军习武为神圣使命。当兵就要习武，就象工人做工、农民种地一样。然而，今日习武的内容，已不是单纯地舞枪弄剑，也远远超出了飞机大炮的范围。现代军事科学技术门类繁多，发展日新月异，对军人习武的要求已与过去不同，习武也包括掌握现代化的军事科学技术及其与之相关的科学文化知识，学习军事科技史是一个重要的途径。

四、学习军事科技史能够有效地掌握科学思维方法和科学决策能力

军事科技史不仅记载了古今中外军事科技的成果，而且也描述了这些成果产生的来龙去脉，特别是分析了那些发明家的创造性思路和创造性方法。这些对于启迪我们的思维，掌握科学的思维方法和科学的决策能力具有重要意义。德国的物理学家拉普拉斯说："认识一位天才的研究方法，对于科学的进步……并不比发现更少用处。科学研究的方法是极富兴趣的部分。"（《宇宙体系论》，上海译文出版社 1978 年版，第 445 页）科学的思维方法和科学的决策能力是攻坚的利器、渡河的舟楫、跨壑的津梁。毛泽东同志说过："我们不但要提出任务而且要提出解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也是瞎说一顿。"（《毛泽东选集》第 1 卷，人民出版社 1966 年版，第 125 页）俄国科学家巴甫洛夫也说过："科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步，我们就更提高一步，随之在我们面前也就开辟了一个充满着种种新鲜事物的、更辽阔的远景。"（《巴甫洛夫选集》，科学出版社 1955 年版，第 49 页）

学习和研究军事科技发展史，对于军队的科技人员和有志于进行科技发明的人具有直接的启示意义。通过学习和研究军事科技发展史，可以使我们了解军事科技发明家的治学态度和创造技法，发现他们成功的经验和失败的教训，从而启发我们养成严谨的治学态度，努力掌握科学的研究方法，为军事技术的发展做出应有的贡献。学习和研究军事科技发展史，对于决策机构来说有助于制定正确的军事科技的发展规划和政策。军事科技的研究在不同的规划和政策中效果是大不相同的。了解各个国家历史上各个时期的军事科技发展的特点，吸取各国正反两个方面的经验教训，对于我国军事科技发展的全面规划和方针政策的制定是十分有益的。学习和研究军事科技发展史，对于军工生产部门来说，可以用历史的观点来分析和评价各种拟议中的产品，判断该产品是否值得投入大量人力物力进行研制，从而达到提高经济效益，推动军事科技迅速发展的目的。学习和研究军事科技发展史，也有助于提高军事科研的组织管理水平。军事科技的发展，是与军事科技的管理水平密切相关的。特别是在军事科技取得广泛进步的今天，军事科技的组织管理工作，已经真正成为“科学中的科学”，它同战争对军事科技的需要和军事科技工作者的不懈努力一样，已经成为军事科技发展的一个十分重要的因素。而要提高我们的管理水平，不但需要学习管理理论，还要熟知历史和他国的管理经验。总之，军事科技史为我们提供了许多有益的经验的和思路，提供了一个参照系，提供了众多的方法。认真学习和研究军事科技发展史，对于我们做好新时期的军事工作，解决现代战争中的种种问题是大有裨益的。

第一章　古代军事科技产生和发展的历史条件

军事科学技术的产生和发展，是以一定社会历史条件为前提的。这种历史条件包括政治、经济、技术和文化等各个方面。在古代军事科技产生和发展的过程中，就已经显露出这一规律。

第一节　古代军事科技与古代战争

军事科技是直接用于军事领域（主要是战争）的科学技术，它是随着战争和其他军事活动的出现而产生的。军事科技是进行战争和遏制战争的物质基础与技术手段。战争和其他军事活动的需要，始终是推动军事科技产生和发展的直接原因和外部动力。古代军事科技产生和发展与古代战争的关系也莫不如此。

一、古代战争的起因、类型和性质

战争是人类社会集团之间为了一定的政治、经济目的而进行的武装斗争。它是用于解决民族和民族、国家和国家、阶级和阶级、政治集团和政治集团之间矛盾的最高的斗争形式。

战争不是从来就有的，也不是永恒的。战争是社会生产力发展到一定阶段的产物。在漫长的原始社会，生产力十分低下，劳动产品除了维持人的生活以外没有剩余。生产资料是原始公有制，人人处于平等的地位。没有剥削，没有压迫，没有阶级和阶级斗争，没有军队、警察等武装力量及其设施。因而，也就没有严格意义上的战争。但有时为了争夺猎物、抢婚或血族复仇等，氏族与氏族、部落与部落之间也会发生一些暴力冲突，有了战争的萌芽。随

着生产力的发展，畜牧业和农业、手工业和农业的分离与分工，劳动产品逐步有了剩余，私有财产的成分不断增加，氏族和部落与氏族和部落在交往中，因利益相同而不断形成部落联盟，也往往因利益冲突而发生战争。到了原始社会末期，"古代部落对部落的战争，已经开始蜕变为在陆上和海上为攫夺家畜、奴隶和财宝而不断进行的抢劫，变为一种正常的营生。"（《马克思恩格斯选集》第4卷，人民出版社1972年5月版，第104页）这时，战争不仅很残酷，而且已具相当规模。中国古代传说的黄帝部落联盟与蚩尤部落联盟、黄帝部落联盟与炎帝部落联盟的战争，古希腊荷马史诗描述的英雄时代的战争，大体上就是这样的战争。以后，随着生产力的进一步发展，剩余产品的进一步增多，促进了私有财产的出现和增加；私有财产的增加给人们提供了争夺的目标和机会；争夺财产据为私有又促进了暴力的发展；暴力的发展又促进了私有制的出现、阶级的分化和国家的产生；私有制的出现、阶级的分化、国家的产生又进一步促进了战争的形成和发展。一方面，剥削阶级为了掠夺财富，镇压被剥削者的反抗，维护自己的政治统治，需要有专门的暴力机构和设施；另一方面，剩余产品的增多也为维持一定规模的常备军从物质上提供了可能。于是，作为国家机器支柱的军队等武装力量便应运而生。从此以后，战争是以专门的武装力量来进行的了，具有阶级对抗的性质，其目的是为了剥削和统治他人或集团。

战争的起因是一个非常复杂的问题。每一次战争的爆发，往往都是多种因素交互作用的结果。这些因素有经济的、政治的、军事的、外交的、民族的、宗教的等等，但经济关系和经济利益上的矛盾则是战争的最终原因或根源。马克思指出："物质生活的生产方式制约着整个社会生活、政治生活和精神生活的过程。"（《马克思恩格斯选集》第2卷，1972年5月版，第82页）我们应当坚持马克思主义的战争观，坚持从社会经济生活中去寻找战争的根源，并以

此找到爆发战争的各种起因。

古代战争经历了三个历史时期。一是原始社会末期的战争。由原始公社氏族与氏族之间为争夺食物、抢婚或血族复仇偶然发生的暴力冲突，发展到部落与部落之间为攫夺家畜、奴隶和财富等而进行的战争。二是奴隶社会时期的战争。在奴隶社会中，私有制已经确立，阶级已经形成，国家已经产生，军队已经出现，奴隶主与奴隶之间的阶级矛盾日益尖锐，奴隶主之间争夺奴隶、财宝和兼并土地的斗争也很激烈。这些矛盾和斗争必然导致战争。这一时期的战争主要有：旧的氏族部落势力反对新生的奴隶制的战争；扩大和巩固奴隶制的战争；新兴奴隶主推翻腐朽奴隶主统治的战争；奴隶制国家分封的诸侯国之间兼并与争霸的战争；新兴的封建势力推翻奴隶主统治的战争。三是封建社会时期的战争。封建社会的主要矛盾是地主阶级和农民阶级的矛盾，同时还有地主阶级内部的矛盾，以及国家与国家、民族与民族的矛盾。这些矛盾发展到顶点，就爆发战争。这一时期的战争主要有：农民反对封建地主阶级统治的战争；封建王朝更替的战争；封建割据与统一的战争；国内各民族之间的战争。欧洲在中世纪还爆发过宗教战争。古代战争在其三个历史发展时期中，不管发生过多少类型的战争，按其性质只有正义战争和非正义战争两种。

二、古代战争和其他军事活动的需要是古代军事科技产生的直接原因

战争与军事有着密切的关系。军事是以准备和实施战争为中心的社会活动。诸如武装力量的组织、训练和作战行动，武器装备的研制、生产和使用，战略战术的研究和应用，战争物资的储备和供应，国防设施的计划和建设，后备力量的动员、组织和建设等，都属于军事的范畴。军事是直接决定战争胜负的最重要的因素之一。要想取得战争的胜利，仅就战争与军事的关系而言，一是要有强大的军事实力，二是要有驾驭战争的能力。这就必须建设一支

英勇善战的军队，拥有优良的武器装备和强有力的后勤保障，同时要有先进的军事思想，正确的军事指导，等等。但战争与军事是互相依存、互为作用的。虽然军事的状况如何，将会对战争的方式、方法、进程和结局产生重大影响，然而战争实践会不断对军事提出问题，迫使军事从理论和实践上满足战争的需要，并接受战争的检验。没有战争，也就没有以准备和实施战争为中心的各种军事活动。

战争和军事与科学技术也有密切关系。战争是敌我力量的竞赛和较量，也是敌我双方科学技术的竞赛和较量。科学技术，作为人类历史文明的成果，应用于生产领域会变成生产力，应用于军事领域就会变成战斗力。因此，战争，从而以准备和实施战争为中心的各种社会活动即军事，都必然要与科学技术发生联系。在战争中，武器是重要因素，人是决定因素。而要真正使武器成为战争的重要因素，使人成为战争的决定因素，并通过各种军事活动将两者有机结合起来以赢得战争的胜利，都必须用科学技术进行武装。人类历史表明，战争和其他军事活动会不断向科学技术提出需求，科学技术往往在战争中首先得到运用。战争的历史证明，科学技术的重大发明一旦应用于军事，必然引起战争方式的变革、敌我双方力量的消长和战争结局的变化。

军事科技是随着战争的出现而产生的。古代战争和其他军事活动的需要是古代军事科学技术产生的直接原因。在远古时代，人们在同大自然作斗争以求生存的过程中，逐渐获得了一些生产斗争的知识和经验，并利用这些知识和经验采用投、磨、压、切等技术和方法，制造出大量狩猎、农耕和捕鱼用的工具。这些工具虽然也作为原始社会部落之间为角斗甚至撕杀的武器使用过，但本质上仍然是生产工具。所以，在这个时代，人们手中的武器还只是作为民用科学技术的物化载体而存在。到了原始社会末期特别是奴隶社会以后，随着军队的建立，战争作为一种独立的社会实践活动

成为经常发生的事情，而且战争规模越来越大，持续时间越来越长，激烈程度越来越高，那些作为生产工具的技术手段，已经远远不能满足战争实践和其他军事活动的特殊需要，因而就出现了专门服务于战争目的的军事技术和科学研究。军事技术的产生，在中国至少可以追溯到夏朝。1953 年至 1959 年间，我国考古工作者在传说的夏代都城阳城附近的河南省偃师县二里头一带，发掘出大批青铜镞、青铜戈、青铜钺等多种兵器。这说明中国在距今约 3500 年左右，就不仅有了制造供战争使用的新、旧石兵器的军事技术，而且有了制造供战争使用的铜兵器的军事技术。

三、古代战争和其他军事活动的需要是古代军事科技发展的外部动力

军事科技随着战争出现而产生以后，从古到今，经历了一个从简单到复杂、从低级到高级的漫长发展过程。到目前，军事科技发展的规模之大，水平之高，研究和生产能力之强，都是空前的。这种发展，从根本上说，在于军事科技自身的内在矛盾运动。一种进攻性武器的出现，必然导致产生相应的防护手段；而一种防护手段的出现，又必然促进新的进攻性武器的出现。这种矛盾运动，是推动军事科技不断向前发展的内在动力。但军事科技的发展也离不开外部条件的作用。这种外部条件，首先是战争和其他军事活动。战争和其他军事活动的需要是军事科技产生的直接原因，也是推动军事科技向前发展的外部动力。古代军事科技的发展与古代战争和其他军事活动的关系，也不例外。

武器装备是军事科技物化的主要载体。因此，古代武器的不断演变和进步，即从石兵器→青铜兵器→铁兵器→冷兵器和火器并存，标志着古代军事科技的不断演变和进步。而古代战争武器及其研制技术这种不断演进的动力，首先来自于战争发展的需要。如前所述，战争产生于原始社会末期。这时，用于战争的武器就是原始人进行劳动用的工具，即狩猎、捕鱼和采集用的棍棒和石块

等,军事科技的特征则突出地表现为“军事”技术与“民用”技术的混合生长。随着生产力的发展、阶级的产生和国家、军队的出现,战争成为比较经常的事情。战争的发展要求武器相应发展,并使战争武器从生产工具中分离出来。人们从战争的实践中懂得,运用金属材料制造的武器比运用石质材料和木质材料制造的武器,更能提高战斗效能。考古发现,人类最早使用的金属材料是天然的,如铜和青铜,这种金属具有坚固、柔韧和耐磨等特点,因此被用来制作非常尖锐和刀口锋利的武器。在战争史上,发生于距今4600余年前的黄帝蚩尤涿鹿之战就已大量使用铜兵器了。世界上使用铜兵器等金属兵器最早的地方,是古西亚的两河流域。铜兵器及其制造技术虽然比石兵器及其制造技术先进,但铜兵器在硬度和韧性等方面的局限性,仍然不能满足战争进一步发展的需要。为了满足战争进一步发展的要求,必须寻找比青铜更好的兵器制作材料,并相应改进制作技术,结果导致了铁兵器的出现和铁兵器制作技术的产生和发展。我国在秦朝时就进入了以铁兵器为主的时代。在战争需要的推动下。继铁兵器之后又进入了冷兵器与火器并存的时代,古代军事科技获得了进一步发展。

古代的战争实践使古代的人们逐步认识到:军事科技是建设武装力量、进行战争的技术基础,是构成战斗力的重要因素之一。为了赢得战争的胜利,作战双方竞相采用先进的军事科学技术,以研制出先进的武器装备。约米尼说过:“战争手段的优越可能增加战争胜利的机会,虽然武器本身并不能够获得胜利,但它却是胜利的重要因素之一。”(亨利·约米尼:《战争艺术》,中译本,战士出版社1981年版,第30页)列宁也指出:战争使人们懂得,“占上风的是拥有高度技术装备、组织性、纪律性和头等机器的人”。(《列宁全集》第27卷,人民出版社1958年版,第177页)在这一客观法则制约下,古往今来,没有哪一个作战方不对先进的军事科技感兴趣。同时,包括古代战争在内的战争实践对军事技术的需要与生

产实践对民用技术的需要相比，一是更具迫切性，二是更具多样性，三是更具先进性。否则，就不能满足战争发展的需要，更不能赢得战争的胜利。所有这些，就决定了古代各国的统治阶级重视发展军事科技，从而推动古代军事科技不断向前发展。

古代战争和其他军事活动的需要对古代军事科技发展的推动作用，主要表现在：第一，为发展军事技术不断提供新的研究课题。战争本身的特点和战争对军事技术需要的特点，决定了战争会不断对军事技术的科学研究提出各种新课题，而且要求这种研究尽快有所突破，以加强战场上的有利地位或改变战场上的不利地位。古代战争与古代军事科技的关系也是这样。第二，为发展军事科技提供科研经费。军费是战争和其他军事活动的启动器和调节器。战争的特点和战争对军事技术需求的特点，决定了各国政府不仅要根据需求尽可能增加军费，而且非常注意在军费中提高军事科研和武器装备费所占的比重，从而为军事科技发展提供物质条件。因此，英国的科学技术史学家贝尔纳说："自古以来，改进战争技术一直比改善和平生活更需要科学。这并不是由于科学家具有好战的特性，而是因为战争的需要比其他更为急迫。各国君主和政府不那么乐于向其他研究工作提供津贴，却很乐意向军用研究工作提供经费，因为科学界能研制出新的装备。而这种装备由于十分新颖，在军事上极为重要。"(《科学的社会功能》，商务印书馆 1986 年版，第 72 页)第三，促进国家出面兴办军事科技事业。由于战争需要具有紧迫性，而且关系到国家生死存亡或统治阶级的统治地位，因而古时历代王朝不仅非常重视军事科技，而且往往由国家主动出面兴办军事科技事业。而国家出面兴办军事科技，就能保证军事科技发展的各种需要。第四，吸引科技人才参与发展军事科技事业。著名的古希腊科学家阿基米德，就同时是军事技术专家。他制造了一些供攻城战用的攻击和防守机械。还发明过用镜子反射太阳光以烧毁敌舰的办法。在阿基米德之后，这种

科学家参与军事活动的传统从未真正中断过。第五,战争胜利者在战争中获得别人的先进军事科技,也会促进军事科技在更大范围内传播和发展。

第二节　古代军事科技与古代科学技术

军事科学技术作为直接运用于军事领域的科学技术,它的产生和发展与一般科学技术有着密切联系。古代军事科技的萌芽、产生和发展,都是建立在一般科学技术进步的基础之上的。学习和研究一般科学技术进步对古代军事科技产生和发展的影响,有助于我们进一步认识古代军事科技产生和发展的历史条件。

一、古代理论自然科学的发展对古代军事科技的影响

科学技术是人类社会发展的必然产物。在人类社会的早期,科学和技术完全融合在一起。进入阶级社会后,随着生产的发展和技术的进步,出现了体力劳动和脑力劳动的分工,人类对自然界的认识深化了,自然科学的独立才渐渐获得了条件。然而,人们关于自然界的知识仍然比较零散、直观且具有经验性,只有少数学科如天文学、力学、数学等才初具体系。但是自然科学一旦出现,它就按照其自身的规律进行发展,并对生产和技术、当然也包括对军事科技的发展产生越来越大的影响。

古代天文学对古代军事科技具有重要影响。古代生产以农业(包括农、牧、渔业)为主。在发展农业生产的过程中,人们渐渐认识到掌握季节和天象变化的重要性。在人们注意天文观察的过程中,当发现了季节的变化与天文现象有关的时候,即发现了它们的内在规律性的时候,也就产生了最早的天文学。如两河流域(幼发拉底河和底格里斯河)以月亮盈亏周期定“月”,古埃及把尼罗河的汛期到来定为年。古希腊天文学起源于古巴伦的星象术和天文知

识，其发展重点是理论上的探讨与概括，其占统治地位的天文观是亚里斯多德一托勒密的地心说。在古代，中国是世界上观测天文现象最精确的国家(保存的天象资料也最丰富)，观测并研究的主要目的是最好地制定历法，南宋时期的“统天历”竟能测出一回归年为365.2425日，与地球绕日公转一周的实际时间仅差26秒，与现在世界通用的阳历所用的数据完全相同，发明时间却比阳历早300年。中国还提出了“盖天说”、“浑天说”等宇宙理论。古代天文学产生和发展不但满足了农业生产发展的需要，而且对军事活动的进行也是很有影响的。天象观测历来是军事活动的组成部分。测时、编历、辨向、定位皆肇始于观测日月星辰的周日运动和周年运动。时间服务是天文学的重要任务，对军事活动有重要意义。古代军队的战斗行动要考虑自然照明条件、日月升落时刻、昼夜长短、月相等因素，这些可用天文方法算出。观测太阳、月球、北极星等天体，可不借助任何仪器而粗略定向与定时，这尤其适应于战时的紧急情况。

古代数学对军事科技具有直接的影响。古代，在生产、交换和天文计算需要的推动下，数学也随之形成。古希腊的数学主要是几何学，它是在埃及的几何学基础上发展起来的。公元前3世纪左右，亚里山大城的欧几里德全面系统地总结了古希腊几何学的光辉成就，写成了不朽的《几何原本》。该书是运用公理法建立严密的逻辑推理体系的最早典范，对近代自然科学的产生和发展起了重大作用。中国古代数学体系，在秦汉时期以《周髀算经》和《九章算术》为代表作。这是一个以解决各种实际问题为主要内容、以算筹为主要计算工具、以当时世界上最先进的十进位制的记数系统来进行各种运算的包括算术、代数、几何等各种数学知识的体系。在魏晋南北朝时代，数学家刘徽对《九章算术》中的大部分算法作出了理论上的证明，同时创立了“割圆术”。数学家祖冲之用“割圆术”求出了精确到第七位有效数字的圆周率。到宋元时期，

出现了许多杰出的数学家及其代表作。如秦九韶的《数学九章》，李治的《测圆海镜》、《益古远段》，杨辉的《注解九章法》、《杨辉算法》，朱世杰的《算术启蒙》、《四元玉鉴》。这些著作涉及的范围极广，在高次方程和高次方程组的数值解法、高阶等差级数求和、内播法、一次同余式等方面，都取得了比西方早数百年的成果。古代数学对古代兵器制造和古代工程建设起了重要的指导作用，是其必要不可或缺的工具。

古代物理学是古代军事科技产生和发展的重要理论基础。物理学在古代也有不少研究。古希腊人就曾对许多具体的物理现象进行过认真的研究。亚里斯多得就是第一个最认真研究物理现象的人。光的反射定律在欧几里得那里就已经弄清楚。被称为“力学之父”的阿基米德，对杠杆原理和浮力定律进行了严格的逻辑证明，同时还用数据进行了明确的表述，从而奠定了静力学的基础。在我国，春秋战国时期就已开始对杠杆原理进行探讨，并且给力下了定义。在春秋末年的《考工记》中，还有关于惯性的最早描述。宋代对于磁性，元代对于光学，都有比较深入的研究和系统的记载。古代物理学的知识和理论，是古代军事科技产生和发展不可缺少的理论基础。

古代化学为古代火器的发明提供了理论指导和技术前提。在古代，并没有对化学的专门研究，但炼丹活动帮助人们认识了化学原理。在东汉魏伯阳所著的《周易参同契》中，就讲到了汞、硫、铅的性质，汞与硫的化合。还记载了铅丹可以被碳还原为铅。晋代葛洪的著作中有关于丹砂受热分解出汞、汞与硫化合又成为丹妙这种可逆反应的记载。特别值得一提的是，炼丹术士偶然发现并掌握了火药的配方，使火药成为我国古代的四大发明之一。《诸家神品丹法》中记载有唐初孙思邈关于硫磺、硝酸钾和炭混合炼制的方法。这就为以后的火箭、火球、火蒺藜等火兵器的出现提供了理论指导和技术前提。

古代医学对军事科技也有重要的影响。在古希腊,阿尔克莽曾发现了视觉神经,并认识到大脑是感觉和理智活动的中央器官。阿拉克萨哥拉曾对动物进行实验,用解剖方法研究了其构造。思培多克勒认为血液流向心脏,并由心脏流出。希波克拉底学派把疾病看成一种要服从自然法则的过程,强调用观察和实验的方法研究疾病,对许多疾病作了比较准确的说明,提出了适当的医疗方法。中国古代医学体系(不同于西医的中医),在秦汉时期已初步形成,宋元时期得到全面发展。它在生理病理学、临床诊断与治疗学、药物学、针灸学以及麻醉术、推拉术、气功疗法等方面,已形成内容极其丰富、治疗方法独特的完整体系。尤其是宋朝,国家十分重视医学研究,曾多次组织医学家编纂大型医书,公元1111—1117年编成的《政和圣济总录》,载方将近两万。在这一时期,医学界的思想相当活跃,医学家们纷纷著书立说,形成了以刘完素、张从正、李杲和朱震亨为代表的四大学派。他们之间的学说争论,为后来完善的辩证施治理论体系的形成打下了基础,对中国医学的发展产生了很好的影响。古代的医学为古代的军事医学科学和技术提供了一定的理论基础。

二、古代一般实用技术的进步对古代军事科技的影响

一般实用技术是人们认识并改造自然界的知识、经验和理论的凝结与物化。古代一般实用技术的进步及其对军事科技的影响,主要表现在:

石器工具制作技术对军事科技的影响。原始社会的生产工具,大体上经历了以打制石器为主的旧石器时代和以磨制石器为主的新石器时代。现已发现的最早石器出土于东非肯尼亚的库彼佛拉,距今260万年。我国云南元谋出土的石器也有170万年的历史。早期人类打制的石器很粗糙。没有固定的型号和用途,使用也不方便。经长期的狩猎、捕鱼和耕作等生产斗争实践,大约在1万多年以前,人们发明了磨制石器技术,使得石器的制作越来越

精巧，越来越多样，越来越适用，被称为“新石器革命”。石器制作技术的进步，扩大了人们狩猎的能力和规模，新的需要又促使人们发明了弓箭。这是原始社会一件很了不起的发明。恩格斯指出：“弓、弦、箭已经是很复杂的工具，发明这些工具需要有长期积累的经验和较发达的智力。因而也要同时熟悉其他许多发明。”(《马克思恩格斯选集》第4卷，人民出版社1975年9月版，第18页)在原始社会，石器工具既是原始人劳动的工具，又是原始人战争的武器，因此石器工具的制造就是石兵器的制造，石器工具的制造技术就是石兵器的制造技术，石器工具制造技术的改进过程也就是石兵器制造技术的改进过程。在弓箭发明的基础上制造的远射兵器，体现了比石器制作技术更高的军事技术。

冶铜技术对军事科技的影响。随着石器工具制作技术的发展和对石质选择技术的提高，铜矿渐渐被人们所认识，加之用火技术和制陶技术的提高，冶铜技术也渐渐产生并发展起来。这预示着石器时代的结束和青铜时代的到来。在古巴比伦王国时期，两河流域开始出现大量的青铜器制造。在公元前十六世纪，古埃及的青铜冶炼技术也发展很快。我国的青铜冶炼，到商、周就已进入了极盛时期。特别是从春秋中期开始，由较为单一的陶范铸造转为综合地使用浑铸、分铸、失蜡法、锡焊、铜焊、红铜镶嵌等多种工艺，同时，在器形、纹饰等方面也达到了新的技术高度。(到北宋时期，还发明了胆水浸铜技术和白铜冶炼技术，并有较高成就)这就为铜兵器完全取代石兵器奠定了技术基础和物质前提。

冶铁技术对军事科技的影响。在冶铜技术不断提高的基础上，人们渐渐掌握了冶铁技术。早在4000多年前，居住在亚美尼亚山区的基药温达人就已发明了炼铁技术。古印度人在吠陀时代，也开始用铁，大约在公元前4世纪已能炼钢了。我国大约于春秋晚期掌握了铁的块炼法，接着又发明和应用了熔炼法。采用熔炼法炼成的生铁质量比块炼铁要好得多，既可铸造成形，又可制成

可锻铸铁。这一技术的发明是冶铁技术的重大突破，是我国人民在技术史上的一大贡献，也为制造铁兵器的技术发展创造了条件。从出土的资料看，周至战国铁镞、铁斧、铁刀、铁殳、铁剑、铁矛、铁戟等已经出现，铁兵器开始了对铜兵器的取代。到了宋元时期，钢铁冶炼技术有了更大发展。鼓风冶炼技术的发明，冶炼的核心技术设备——炼炉的重大改进，使铁的产量和质量都有明显的提高。一种可以抬起移动的轻型化铁炉，可以不受地形条件限制并减少搬运矿石的困难，也便于炼铁技术的普及。后来，这种化铁炉被应用于军事，成为守城的武器。在宋代得到进一步改进和发展的灌钢技术，不仅为铁制工具的质量提高提供了物质基础，同时也为火兵器质量的提高创造了条件。

火药等中国的四大发明对军事科技的影响。指南针是中国对世界文明作出了重大贡献的四大发明之一。最早的指南针大约出现在我国的春秋战国时代，由天然磁石琢磨而成，称为“司南”。北宋时已用人工制造指南针。约在 11 世纪开始用于航海，它指引着庞大的中国商船往返于南太平洋和印度洋的航线上。约在 12 世纪末叶传入阿拉伯，然后传入欧洲，为欧洲打开世界市场和建立殖民地创造了条件。指南针的发明，也很快被应用于水军(即海军)海战，使水军船队获得了全天候及远海作战能力。

造纸术是在中国劳动人民漂絮和沤麻的经验中总结出来的，始于西汉。1993 年在新疆罗布淖尔汉峰燧遗址出土的公元前 1 世纪的西汉麻纸，1957 年在西安市东郊灞桥出土的公元前 2 世纪西汉古纸，都是最初的植物纤维纸，质地粗糙，不便书写。公元 2 世纪(105 年)时，东汉宫廷主管御用手工作坊的蔡伦，凭借充足的人力物力，总结工匠的经验，监制出一批质量较高、廉价实用的纸张。从此，造纸技术传播开来，造纸原料逐步扩展到树皮、竹子、稻草和麦杆等。造纸术得到进一步提高，造纸业迅速发展起来。造纸术先后传到朝鲜和越南，7 世纪又从朝鲜传到日本，8 世纪传到

阿拉伯,13世纪传到欧洲。纸张和造纸技术,都是一般科学技术然而是军事科学技术发展不可缺少的物质技术条件。

活字印刷起源于雕刻印刷。大约在公元7世纪或8世纪的唐代,人们在印章、石刻的启示下,发明了雕刻印刷。约在公元1041—1048年间,宋代平民出身的毕昇发明了活字印刷。活字印刷既经济又方便,大大提高了效率,是印刷史上的一次大革命。毕昇采用泥制活字。到元代,农学家王祯制成木活字,还发明了"轮转排字盘"和较先进的印刷方法。15纪后期,铜活字正式采用。元代和明代还发明了锡活字和铅活字。活字印刷技术的发明,不仅对文学、艺术的发展起着巨大的推动作用,而且对包括军事科技在内的科学技术的发展和交流都有不可估量的作用。

如前所述,火药的发明与我国古代的炼丹有关。在炼丹过程中。炼丹术士发现点燃硝、硫、木炭为主要配料的混合物会引起剧烈燃烧。大约在公元808年,中国的炼丹家们发明了火药。公元10世纪,中国首先将火药用于军事。当火药的配方及性能广泛应用于军事技术后,迎来了兵器技术发展史上的革命性变化,结束了数千年冷兵器独占战场的局面,开辟了冷兵器和火药兵器(简称火器)并用的新时期,也为火器最终取代冷兵器奠定了技术基础。中国宋代(公元960—1279年)是早期火器的创制阶段,先后出现了燃烧性火器、爆炸性火器和管形火器,还发明了利用火药燃烧喷气推进的火箭。元代(公元1279—1368年)发明的火铳是最早的金属管形射击火器,开始了火器发展的崭新阶段。明代(公元1368—1644年)初期,火箭技术迅速提高,出现了种类繁多的火箭兵器。同时,还开始发展大口径铜炮、铁炮,把火炮制造技术提高到一个新水平。12—13世纪,中国发明的火药和火器先后传入阿拉伯地区和欧洲。14世纪中叶,欧洲也开始制造火药,并把火药与兵器技术发展联系在一起,揭开了军事技术革命的序幕。总之,火药的发明并应用于军事,促进了军事技术的重大变革。

机械制造和造船技术及其对军事科技的影响。在冶铜和冶铁技术基础上,机械制造和造船技术迅速发展起来。据考古得知,我国秦至西汉期间就已有铜或铁铸齿轮。据记载,西汉时期还曾制成一种运用齿轮体系的指南车,通过减速齿轮系统装置而成的记里鼓车。大约在5千年前,有轮子的车辆在两河流域也出现了。这些制造车辆的技术都曾很快地应用于军事领域,为兵车制造和兵车出现提供了技术基础。再者,早在4700年前,造船技术和造船业在古埃及已发展到了相当高的水平。古希腊早在公元前5世纪就造出了载重量达250吨的多帆船,有人称之为现代海军的技术之祖。我国的造船技术也曾长期处于世界领先地位。为战争所需,早在战国时代就造出了规模很大的楼船。到宋代,造船技术进入鼎盛时期,其特点是船工的创造出色,新型船只纷纷出现。造船技术在军事上广泛运用。公元1169年,水军统制官冯湛采用"战船盖"等新技术造出的综合型新式多桨船;公元1179年,马定远在江西造的战渡两用马船;公元1203年,池州秦世辅研制的铁壁铧嘴海鹘战船;王彦恢设计制造的"飞虎战舰",等等,都体现了很高的军事技术水平。

建筑技术及其对军事科技的影响。古代的建筑技术也是和军事技术有着直接联系的重要技术之一。公元前7世纪,新巴比伦王国就把巴比伦城建成非常漂亮的城市。该城有内外三道城墙,坚固精美的塔楼达三百多座,这对于当时的战争防御有着极其重要的意义。古印度在哈拉巴文化时期,建筑技术也达到了相当高的水平,哈拉巴和摩享约·达罗两城就是当时建筑技术的代表。我国的建筑技术,在战国以后形成了自己的风格,特别是与战争紧密结合在一起的建筑风格。战国时期,北方各诸侯国为了保卫自己的领土,分别将建筑技术应用于城墙的筑垒。秦统一六国后,建成了被誉为世界奇迹之一的万里长城,在抗御外来侵略的战争中,起到了当时其他军事技术所起不到的巨大作用。

以上说明,古代一般实用技术的进步对古代军事科技的影响,不论在深度、广度还是力度方面,都是很大的。古代的一般实用技术及其进步,是军事科技产生和发展的技术基础和必要前提。

第三节　古代军事科技与古代物质生产

古代军事科技的产生发展,不仅与战争和其他军事活动的需要、与一般科学技术的进步有密切关系,而且与物质生产的发展也有很大关系。古代物质生产的发展是古代军事科学技术产生和发展的物质基础。

一、古代生产力的历史发展与社会物质基础的逐步增强

物质资料的生产,是指以一定的生产关系联系起来的人们,通过改造自然,创造物质资料(物质财富)的过程。物质资料的生产是人类社会存在和发展的基础。如果不从事生产活动,不生产出吃的、穿的、住的、用的各种物质资料满足人们的需要,人类就无法生存,社会就不复存在,更谈不到进行政治、军事、科学技术和文化艺术等其他活动。

社会不断发展的物质基础,是社会生产力不断发展的产物。从原始社会到封建社会,生产力的发展经历了一个由低级到比较高级的发展过程,原始社会、奴隶社会和封建社会赖以存在和发展的物质基础,就是在这个过程中逐步建立和增强的。

原始社会是人类历史上最初的社会形态,延续约 200 万年之久。在原始社会很长很长时间内,人们使用的是石器,劳动工具简陋,劳动技能低下,没有能力单身同自然力作斗争。无论猎获动物,抵御猛兽,还是开垦荒地,进行耕作,都需要共同劳动。由于生产力水平极低,几乎没有剩余产品,产品只能实行平均分配。原始社会生产力水平虽然低下,社会发展极为缓慢,但还是

不断发展的。人们从旧石器时代进入新石器时代，能制做复合工具，发明弓箭和陶器，提高了原始人征服自然的能力。他们从长期的狩猎实践中，逐渐懂得了牛、羊、马、骆驼、象等动物可以驯服、繁殖，能够保证自己正常地得到乳类、肉类、皮、毛等生活资料，于是一部分原始人便在拥有天然牧草、适宜于游牧的地带驯养动物，从事原始的畜牧业，这就出现了人类历史上第一次社会大分工——畜牧业与农业的分工。第一次社会大分工使劳动生产率有了显著提高。原始畜牧业扩大了生产的范围和场所，使人的劳动力能够生产出超过维持劳动力所必需的剩余产品。第一次社会大分工以后，在多数地区出现了铁器，铁制工具使人们可以扩大耕地面积，开发广阔的森林地区，除粮食外还能种植桑、麻等作物。铁制工具也使原来附属于农业的手工业日益发展，生产日益多样化，生产技术越来越改进，导致了手工业与农业的分离，因而产生了人类历史上的第二次社会大分工。第二次社会大分工促使了生产规模的扩大和劳动生产率的进一步提高。人们生产出的产品日益超过维持劳动力本身所必需，使剩余产品增多。在第二次社会大分工后，商品交换日益繁荣，交换地区不断扩大，需要有人专门经营商品交换业务，使得这些人成为商品生产者之间不可缺少的中间人，于是在原始社会瓦解、奴隶社会形成的时期，出现了商人，产生了第三次社会大分工。第三次社会大分工促进了商品生产和商品交换的发展。总之，人类历史上的三次社会大分工，每次都标志着原始社会生产力的新发展和物质基础的新增加。在此基础上，文化生活也有发展，对于季节、气候有了规律性的认识，创造了计数法和历法，能营造结构比较多样的房屋和秩序井然的墓地。从发掘的陶器、骨器上可以看到生动毕肖、丰富多彩的绘画和细纹雕刻。

奴隶社会的产生是原始社会生产力发展的结果。奴隶社会也是建立在生产力低下的基础上的；但是，比起原始社会，生产力已

有很大的发展。金属工具已被普遍利用，很多地方已有了铁器。农业耕作广泛地利用犁耕代替锄耕，有些地方兴修了较大规模的水利工程，农作物的种类扩大，许多国家除种植麦、粟、黍、稻外，还发现了亚麻、橄榄、葡萄、瓜果、蔬菜等作物，并大量饲养了现在所能见到的大部分家畜。手工业分工更细，出现了巨大的建筑队伍，建筑了象埃及的金字塔和许多宏大的宫殿。奴隶社会中，自然经济占统治地位，但商品货币经济也有了一定的发展。商业资本和高利贷资本在奴隶社会晚期已具有很大势力，有些地方出现了繁盛的海外贸易。奴隶社会在经济发展的基础上，形成了许多作为经济政治中心的城市，出现了脑力劳动和体力劳动的分工，发明了文字，产生了历法、几何学、三角学、物理学、医学以及建筑、水利、冶金、纺织、制陶、锻造等技术，哲学、法律、艺术也都发展到较高水平。

封建社会是奴隶社会生产力发展的必然结果。在封建社会，封建生产方式占统治地位，其经济、政治和意识形态都具有保守性，但生产力仍是逐步地虽然是缓慢地发展的。在封建社会生产方式下，农业生产普遍采用了铁制犁、锄、镰和木制的耧、车，并实行了休耕、轮作、选种、施肥等生产方法。水利事业有了很大发展。中国在战国时代就修了四川都江堰等大型水利工程，可灌溉约百万亩农田，经历代整修，至今还发挥很大作用。农作物的种类和产量都有所增加。手工业生产的规模和技术水平也有显著的扩大和提高，尤其冶炼、纺织、陶瓷、金属制造等也有较大发展。如前所述，中国早在汉代就发明了造纸术，以后又发明了活字印刷、指南针、火药等，对世界经济发展和文化繁荣作出了重大贡献。在封建社会末期，商品经济又有了比较迅速的发展，并形成了日趋发达的城市经济。这些，都为封建社会的存在和发展奠定了物质技术基础。

二、古代物质生产的发展为古代军事科技的产生和发展奠定

了物质基础

军事科技的产生和发展离开了物质基础是不可想象的。从原始社会到封建社会,物质生产的逐步发展也就逐步奠定了古代军事科技产生发展所必需的物质基础。这主要表现在如下几个方面:

第一,物质生产的一定发展为古代军事科技从一般科学技术中分离出来并走上独立发展的道路奠定了基础。在漫长的原始社会,由于生产力低下,人们同大自然作斗争的能力很弱,对自然规律的认识还上升不到科学的高度,劳动技能也很简单,因而谈不上有科学,也谈不上有多少生产技术。原始社会末期,氏族部落之间、部落联盟之间因利益矛盾偶然发生武装冲突或战争,战争的武器往往就是劳动者手中的生产工具,所以,这时制造武器的军事技术就是制作生产工具的生产技术。到了奴隶社会,随着生产力的发展,不仅发生了三次社会大分工,而且出现了脑力劳动与体力劳动的分工,这就使得社会上一部分人有可能在脑体力劳动分工发展、物质财富增加的基础上,专门从事包括军事科技在内的科学研究和技术发明创造工作。加上奴隶社会的战争随着阶级产生、国家出现而产生和发展,战争的需要促进了科学技术在军事领域的运用,使得古代的军事科技逐步走上了独立发展的轨道。

第二、物质生产的一定发展为古代军事科技的发展提供了经济实力。军事科学研究和军事技术是专门为战争和其他军事活动服务的,其发展必须以国家的经济实力为基础。经济实力决定着军事科研、生产和装备部队的能力。人们常说,现代军事科研的开展和军事技术的开发投资多、难度大、风险大,没有强大的经济实力是很难进行的。其实,在古代也是如此。没有从原始社会到封建社会的农业、畜牧业、手工业、建筑业和交通运输业等物质生产部门的陆续发展,没有物质生产能力的逐步提高和物质财富的不断增加,奴隶制和封建制的国家不拥有一定的经济实力,就不可能

发展当时所需要的军事科技。以我国封建社会宋王朝的情况为例。宋王朝十分重视科学技术包括军事技术的发明创造，对于成绩显著者还常常给予奖励。如冯继升进火药法，赐衣物束帛；唐福献火药兵器，造船务匠献海战船式，各赐缗钱；石归宋献弩箭，增日俸；焦偓献盘铁槊，迁本军使；郭咨造战车，弓弩除钤辖；木工高宣研制八车船，受赞赏；水工高超等创造防洪新法，受赏赐；等等。宋王朝不仅十分重视科学技术包括军事科学技术的发明创造，而且十分重视技术的推广，如对沈括的制木图，曾诏边州仿造。特别是有利于国防巩固的科技发明，在军中推广应用的更是迅速。由于号召军民陈述军器的利害，所以"吏民献器械法式者甚众"(《宋史·兵志》)。宋王朝之所以能做到这些，最重要的原因之一是其社会稳定、经济繁荣、经济实力雄厚。公元960年，赵匡胤建立宋王朝，结束了五代十国历时几十年的封建割据局面。宋王朝统治时期，契丹、党项、女真等少数民族与宋王朝之间虽然也有不少战争，但在战争间歇期间，不论南方或北方，都出现过相当稳定的时期，这使生产和科学技术都得以恢复和发展，宋初，太祖和太宗都鼓励农民"能广植桑枣，垦辟荒园者，止输旧租"，"分画旷土，劝令种莳，候岁熟共处其利……所垦田即为永业"(《宋史·食货志上》)。因此，在宋代前期的一百多年间，农业生产迅速增长，封建经济由此进入了一个新的发展时期。宋王朝时期的手工业和商业也空前繁荣，城、镇数目不断增加，各手工业作坊规模之大、分工之细都超过了前代。纺织、矿冶、制瓷、造船和造兵器等各部门都获得了较快发展。对外贸易不断扩大，与国际间的科技交流也比较广泛。所有这些，为宋王朝时期的科学技术和军事科技的高度发展奠定了比较雄厚的物质基础。否则，宋王朝就是十分重视发展军事科技，也不能使军事科技真正发展起来。

第三，物质生产的一定发展为古代军事科技的发展奠定了技术基础。古代科学技术不断进步为古代军事科技的产生发展提供

了直接的技术基础。而从原始社会到封建社会发展的历史表明，古代科学技术的不断进步又是建立在物质生产不断发展的基础上。没有物质生产发展上的需要，为物质生产发展服务的科学技术就不会产生；没有物质生产的一定发展作基础，为发展物质生产服务的科学技术便不能进步。恩格斯说："科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。"(恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社 1971 年版，第 162 页)科学是这样，技术也是这样。古代军事科学技术产生和发展的技术基础是一般科学技术；但一般科学技术的产生和发展取决于物质生产。所以，古代军事科技的产生和发展归根到底取决于物质生产的一定发展。

第四，物质生产的一定发展为古代军事科技的发展提供了人才保障。科学的发现和技术的发明及其在军事领域的应用，或直接为战争实践和其他军事活动需要而进行科学研究和技术开发，都离不开科技人才。而军事科技人才的培养、造就和充分发挥作用，又都离不开必要的甚至是良好的物质条件；这种必要的和良好的物质条件，要靠发展物质生产来提供。在奴隶社会，四大文明古国——埃及、巴比伦、印度和中国，之所以能对人类文明作出重要贡献；古希腊的文明之所以能在世界科技史上占有重要的地位；中国在进入封建社会以后的一千多年里科技(包括军事科技)之所以一直处于世界领先的地位，重要原因之一就是因为这些国家当时能够人才辈出。而能够人才辈出，往往又是因为这些国家能够在不同程度上做到社会稳定、生产发展、经济繁荣。

第二章　古代军事科技的发展

古代军事科技，是以冷兵器制作为主要特征的。冷兵器的制作和使用虽然一直延续至今，但作为一个时代，则是指军队和战争出现以后，直到黑火药发明并被广泛应用于战争之前的这段历史。由于古代尤其中古以后中国军事科技领先于世界各国，因此，古代军事科技的发展以中国古代的军事科技为主要线索。

第一节　冷兵器制备技术

冷兵器即以人力操纵的用于斩击、刺杀的武器。冷兵器包括短兵器、长兵器、弹射兵器等等。具体形式有刀、矛、剑、锤、棍、匕首、弓箭等等。冷兵器的制备技术是古代军事科技的重要内容。

一、金属兵器的冶制技术

人类在早期的部落战争中使用的兵器是石制的。人类在制造石兵器的过程中，逐渐掌握了兵器劈、砍、刺、锤、砸、抛、射等功能及其基本结构和制作方法，这就为日后的金属兵器的制造积累了经验。大约在原始社会末期，开始出现金属兵器。金属兵器以材料而言，可以分为青铜兵器、铁兵器、钢兵器；以形制而言，可以分为刀、枪、剑、戟、棍、棒、槊、镗、斧、铲、钯、鞭、锏、锤、叉、戈、矛、匕首等各种类型。

最早出现的金属兵器是青铜兵器。所谓青铜，主要是铜、锡、铅等元素的合金。它与石器相比，具有坚固、耐用、容易成形的优点；它与纯铜相比，熔点较低，硬度较高，具有较好的铸造性能和机械性能。用青铜铸造的兵器坚硬、锋利，所以一经出现，便获得了

迅速发展。中国在夏代(约公元前21世纪—公元前16世纪)就已经有了少量的青铜兵器。商周(约公元前16世纪—公元前771年)时期,奴隶主已拥有一支用青铜兵器武装起来的军队,青铜兵器包括戈、矛、钺、剑等等。西周初期,出现了扁茎有背的柳叶形青铜剑,到春秋早期已发展成圆柱体的茎向前处伸而形成凸脊剑身。春秋战国(公元前771年—公元前256年)时期,青铜兵器的制造十分发达,特别是青铜剑的炼制技术达到了很高的水平,制造出如干将、莫邪、巨阙、纯钧等等被后人赞不绝口的名剑。青铜冶铸是从石器加工和制陶中产生、发展起来的。人们在寻找和加工石料的过程中,逐步识别了自然铜和铜矿石。烧制陶器的丰富经验,又为青铜的冶铸提供了必要的高温、耐火材料和造型技术等条件。冶炼青铜的方法,开始是用铜矿石加锡矿石或铅矿石,或者由含多种元素的铜矿石冶炼出青铜,然后发展到先分别炼成铜、锡、铅,或铅锡合金,然后按一定比例混合一起再熔炼。人们在长期青铜冶铸的实践中,特别是在商、周时期冶铸的基础上,逐渐认识了合金成分、性能和用途之间的关系,并能人工地控制铜、锡、铅的配比,从而冶铸出性能各异、适于不同用途的青铜兵器。成书于春秋战国时期的《考工记》详细记载冶铸青铜的"六齐"("齐"为"剂"之假借)规律:"金有六齐。六分其金而锡居一,谓之钟鼎之齐。五分其金而锡居一,谓之斧斤之齐。四分其金而锡居一,谓之戈戟之齐。三分其金而锡居一,谓之大刃之齐。五分其金而锡居二,谓之削杀矢之齐。金、锡半,谓之燧之齐"。这说明了中国在春秋战国时期就已经掌握了冶炼硬度较高或有一定韧性的兵器的合金配方。《考工记》还记载了如何以火焰来判定冶炼青铜的进程:"凡铸金之状,金与锡黑浊之气竭,黄白次之;黄白之气竭,青白次之;青白之气竭,青气次之,然后可铸也"。这说明当时冶炼青铜兵器的工艺已经相当成熟了。

中国于春秋战国时期开始使用铁兵器,到了汉代(公元前206

年—公元 220 年),兵器实现了铁器化。中国古代用铁的历史可以追溯到商代(公元前 16 世纪—公元前 11 世纪),商代已经有了铁刃铜,其原料采用陨铁,其制造程序是先将陨铁锻成薄刃,再将其嵌入器身铸范,然后以铜浇铸器身。春秋战国时代,在冶铁技术上出现了三项发明。一是,春秋时期出现了生铁冶铸技术,变块炼法为熔炼法。生铁的冶炼在冶金史上是一个划时代的进步。生铁冶炼技术的出现,提高了铁的质量,同时也使铸造器形比较复杂的兵器成为可能。二是,春秋末期,中国已能冶铸中碳钢。这一新技术的出现给人们提供了比铁更为锐利、坚韧的原料,它对于兵器质量的提高有深远的影响。三是铸铁柔化技术。人们在不断的实践中,懂得通过一定热处理可以改善白口铁性脆、易断裂等弱点,逐渐掌握了较完善的热处理脱炭技术,从而增强了铁兵器的强度和韧性。铸铁的出现,在冶金史上又是一个划时代的事件。其时,淬火技术得到了广泛的应用,铁范的制作也有相当高的水平。在西汉(公元前 206 年—公元 24 年)中期以后,随着炒钢技术的发明,锻铁工具的增多,铁兵器逐步占了主要的地位。到东汉(公元 25—220 年)时期,主要兵器已全部为钢铁所制,从而完成了兵器的铁器化进程。在西汉中期以后,钢铁生产在质和量两个方面都有了重大发展,这同当时社会生产的发展、国防的需要以及冶铁技术的进步有密切联系。汉武帝于公元前 119 年采取的由国家经营冶铁业的政策,对钢铁生产的发展起了积极的作用。此时所设 49 处铁官,分布在今陕西、江苏、湖南、四川、河北、辽宁、甘肃等省,成为钢铁生产基地。到汉元帝时,"诸铁官皆置吏卒徒,攻山取铜铁,一岁十万人以上"。(《汉书·贡禹传》)

炒钢技术的发明与百炼钢工艺的日益成熟,是秦汉(公元前 221 年—公元 220 年)时期钢铁技术得到重大发展的标志。到西汉中、晚期出现了利用生铁"炒"熟铁或不同含碳量的炒钢新技术,即将生铁加热成半液体、半固体状态,再进行搅拌,利用空气或铁

矿中的氧，进行脱碳，以获得熟铁或钢的新技术。这项新技术的发明，在炼钢史上是一项重大的技术突破。它使冶铁业能向社会提供大量价廉质优的熟铁或钢材，满足了战事的需要。在一定条件下，有控制地把生铁"炒"到所需要的含碳量，然后加热锻打成质量较好的钢件，大大促进了百炼钢的发展，并制造出高质量的钢铁兵器。1974 年在山东苍山县出土了汉安帝永初六年(公元 112 年)"三十炼"环首钢刀，1978 年在徐州一座小型汉代砖室墓中发现了一把汉章帝建初二年(公元 77 年)的"五十湅"钢剑，都是以炒钢为原料，经多次反复加热折叠锻打而成的，这说明东汉前期炒钢以及以此为原料的百炼钢工艺已经相当普遍地被使用了。欧洲用炒钢法冶炼熟铁的技术在 18 世纪中叶才开始出现，比中国要晚约 1900 多年。铸铁热处理技术在汉代有很大发展，臻于成熟。出土中耐磨的兵器大多是黑心韧性铸铁，质量良好，有一些和现代黑心韧性铸铁已无大的区别。而要求耐冲击性能好的兵器，大多是经碳热处理获得的白心韧性铸铁或铸铁脱碳钢件。由于熔铸时经过液态，杂质较少，质地相当纯净，性能良好。

在汉代炒钢和百炼钢的基础上，南北朝(公元 420—589 年)时期出现了用生铁和熟铁合炼成钢(即"灌钢")的成熟工艺。这是制钢技术新的突破。东汉王粲《刀铭》中记载："灌辟以数"，晋张协《七命》中记载："乃炼乃烁，万辟千灌"，表明灌钢工艺在汉末、晋代已经出现。北齐(公元 550—577 年)用灌钢法造宿铁刀，"其法，烧生铁精以重柔铤，数宿则成钢。以柔铁为刀脊，浴以五牲之溺，淬以五牲之脂，斩甲过三十扎"。其中，"生"指的是生铁，"柔"指的是熟铁。冶炼的方法是：先把含碳高的生铁溶化，浇灌到熟铁上，使碳渗入熟铁，增加熟铁的含碳量，然后分别用牲尿和牲脂淬火成钢。牲畜的尿中含用盐分，用它作淬火冷却介质，冷却速度比水快，淬火后的钢比用水淬火的钢硬；用牲畜的脂肪冷却淬火，冷却速度比水慢，淬火后的钢比用水淬火的钢韧。用灌钢法冶炼的刀、

剑等兵器各部位的硬韧度不同，更适用于作战。灌钢法在坩埚炼钢法发明之前，是一种先进的炼钢技术，对后世有重大影响。冶铸中的鼓风技术，在这时期也有了重大进步。三国（公元220—280年）时魏国的韩暨在官营冶铁工场中推广的水排鼓风，此时已经普遍采用。到了宋元（公元960—1368年）时期，木风扇（后来发展为木风箱）的发明和化铁炉的改进，使钢铁冷兵器的冶制技术更为成熟。

二、弹射武器的制造技术

弓弩是古代作战中常用的冷兵器。弓能发射弹丸或箭，以射伤或击溃敌人。弩是有臂的弓。《释名》中描述："弩，怒也，有势；怒也。其柄曰臂，似人臂也，钩弦曰牙，似齿牙也。牙外曰郭，为牙之规郭也，下曰悬刀，其形然也。合名之曰机。言如机之巧也；亦言如门户枢机。开合有节也。"弩与弓的区别是在弓的后部装有弩机。一般弩机四周有"郭"，"郭"中有牙，可钩住弓弦。"郭"上有"望山"作为瞄准器，"牙"下有"悬刀"作为扳机。发射时，扳"悬刀"，"牙"缩下，"牙"所钩住的弦弹出，弦向前运动弹击箭杆使箭激射而出。因此，弩比弓的射程更远，威力更大。弓弩在火器发明以前一直是人们使用的重要武器之一。正如恩格斯所说的："弓箭对于野蛮时代和火器对于文明时代一样，乃是决定性的武器。"（《家庭、私有制和国家的起源》，《马克思恩格斯选集》第4卷，第19页）

中国早在渔猎时代就有了弓箭。"伏羲氏弦木为弓，刻木为矢"，说明了弓箭产生年代的久远。"弩生于弓，弓生于弹"，说明了弹射武器由弹弓到弓箭再到弩的发展轨迹。在旧石器时代，中国的先民已经创造了弹弓。它用弹射击。弹有石制、泥制和陶制之分。大约在28000年前，弹弓进一步发展为弓矢，用箭射击。中国山西朔县峙峪的旧石器晚期遗址中就已发现有石镞。镞的一端具有锋利的尖头，与尖端相对的底端两侧经过加工，稍窄一些，形成镞座，以便与箭杆捆在一起。进入新石器时代，箭镞的制作更精细

进步了，石镞、骨镞都是磨制的。形式也多种多样，有的尾部带铤（凸出可安杆的部分），有的具有双翼和倒钩。这时的弓箭已有较远的射程和较大的杀伤力了，作为狩猎的生产工具。

原始社会后期，弓箭作为兵器用于战场的射杀，其制作工艺有了很快的发展。箭镞由石制、骨制和角制发展到青铜镞、铁镞，箭杆有竹杆、木杆，箭杆末端装置了箭羽，以增大射程。春秋战国时期的《考工记》详细考究了弓箭的制作工艺，对制造程序有十分细致的技术规定。当时的制弓特别注重材料的选择，如弓干的制作，就指出了七种材料的优劣："柘为上，檍次之，檿桑次之，橘次之，木瓜次之，荆次之，竹为下"。"弓人"篇中还对如何增加弓干的弹力以射远，如何增加射速，如何加固和保护弓体等问题作了探索。"矢人篇"则对箭的制作进行了探究。对不同用途的箭矢，其镞的长短、大小，铤的长短，铁管的设置有详细规定。对于箭矢在飞行中起平衡和定向作用的羽毛的设置，则利用各个箭干在水中的浮沉程度进行检验，再酌情处理，即"水之，以辨其阴阳，以设其比，夹其比，以设其羽"，让箭矢重心位置适当而利于飞行，使其"虽有疾风，亦弗之能惮（扰乱）矣"。它还进一步研究了箭矢在空中飞行时因重心和羽毛设置不当引起的各种不正常情况，指出："前弱则俛（往下冲），后弱则翔（往上翘起），中弱则纡（绕弯），中强则扬（扬起），羽丰则迟（速度变慢），羽杀（少）则趮（不稳定）"。《考工记》的记载反映了中国公元前1世纪时期弓箭兵器制作的很高水平。

由于弓箭在古代战争中有重要作用，为了提高其射程和射击精度，发明了弩。中国于春秋（公元前841年—公元前476年）时已有弩，始于楚琴氏。陈音曰："楚琴氏以弓矢之势不足以威天下，乃横弓著臂，施机设枢，加之以力，然后诸侯可服。"到战国（公元前475年—公元前221年）时期，弩已经比较精致，强弩可射六百步。《战国策·韩策》称："天下之强弓劲弩皆自韩出……皆身六百步之外。"到汉代（公元前206年—公元220年），弩机已普遍使用，趋向

标准化，有一石（约合 31 公斤）至十石等八种，通常为六石弩。弩机上设有“望山”（相当于近代步枪上的标尺）以射准，而且不仅有手开弩，还有脚开弩。汉魏之际，出现了连弩。关于连弩，《汉书》、《后汉书》都有记载。如《后汉书·艺文志》记有“兵技巧家，有望远连弩射法”。三国（公元 220—280 年）时，诸葛亮对连弩加以改进，“以铁为矢”，“一弩十矢俱发”（《三国志·诸葛亮传注》）。马均就是在这种连弩的基础上加以改进，提高发射效率的。两晋（公元 281—420 年）时，弩机在汉代的基础上趋向大型化，晋《舆服志》称：“中朝大驾卤簿，以神弩二十张夹道，……刘裕击卢循，军中多万钧神弩，所至莫不摧折”，可见巨大弩机已大量使用。晋代还出现了腰开弩，用双脚开弩。《晋书》称，晋泰始年间（公元 265—274 年）“马隆请募勇士，限腰引弩三十六钧（一均是 30 斤）、弓四钧，立标简试”。到唐代（公元 618—907 年）或稍前，出现了用绞车开的弩。唐杜佑撰的《通典》中说，马弩射二百步，臂张弩射三百步；绞车弩射七百步（约合 1080 米，唐代一步约合 1.56 米）。到北宋（公元 960—1126 年），绞车弩继续发展，能射一千步（约 1556 米，宋代一步约合 1.54 米）。1044 年曾公亮所著的《武经总要》中记载的许多弓弩和三弓弩都是绞车弩。与此同时，臂开弩、脚开弩也有了改进。宋元祐年间（公元 1086—1093 年）制造出强弩凤凰弓，能破坚于三百步外。宋绍兴十一年（公元 1141 年），韩世忠就凤凰弓加以改造，取名克敌弓。不久，宫廷作坊又对克敌弓加以改进，其结果是：“遂增二石之力，而减数斤之重”。既减轻了弓弩本身的重量，又增强了发射力量。

三、盾和其他卫体武器的制作

与古代的进攻性武器相对应的单兵防御性武器主要是卫体武器。卫体武器包括盾、铠甲、胄等。在中国古代，有“五兵五盾”之说，说明古人对卫体装备的重视。

盾，是一种手持的用来挡御刀箭的防护装备，又称为“干”，还

被称为“牌”。盾的形体大多为长方形、梯形或圆形，背后有握持的把手。《周礼正义》中称：“狭而长者曰步盾，步兵所持与刀配者也。狭而短者曰孑盾，车上所持者也”。“橹，大盾也，大平者曰吴魁，本出于吴，为魁帅者所持也。隆者曰滇盾，本生于蜀，蜀滇所持也”。说明由于产地或用途的不同，盾的形体也有所不同。原始形态的盾制作比较简陋，多用木、竹制成，或在木片上蒙上皮革。中国的西南地区有些少数民族往往用藤牌，藤甲。藤制品在湿度较大的地区比较坚韧，但不适宜在北方使用，因为北方气候干燥，藤制品干脆易断。进入青铜时代以后，盾仍然用藤木及皮革制造，但已嵌有青铜铸造的盾饰。已发现的商朝盾牌，呈上窄下宽的梯形，盾面为皮质，绘有虎纹等图案。而西周时期的盾牌，则在原有形制的基础上，将青铜铸造的狰狞兽面、人面、圆铜泡饰以盾面，以加强皮盾的防护效能。春秋战国时期，出现了髹漆木盾。顶部为双重弧状，盾面施有彩绘。秦汉时期，出现了铁盾。史载，在鸿门宴上刘邦脱身时是独骑，樊哙护卫刘邦持铁盾步走。但在中国使用铁盾并不普遍，而在欧洲进入青铜、铁器时代以后，青铜盾与铁盾较为常见。盾的形制延用了很长时间，直到宋朝编撰的《武经总要》中所描述的两种盾（“旁牌”）——大而长的步兵用盾和小而圆的骑兵用盾，其形制也无大的变化。近代火器出现以后，盾牌的防护作用逐渐丧失而成为历史陈迹。

铠甲是古代将士穿在身上的防护装具。中国先秦时多用皮革制造，故称作“甲”；战国后期，开始用铁制造，改称为“铠”，皮质的仍称为“甲”。唐宋以后，不分质料，或称“甲”，或称“铠”，或“铠甲”连称。中国早在新石器时代晚期已经有甲，早期的甲完全是用藤、木、皮革等制成，形制也很简单，只能保护胸、背。后出现了整片皮制成的甲。商周以后，按照防护体位的不同，把皮革裁制成大小不同、形状各异的片，并把两层或多层皮革片合在一起，表面涂漆，然后在片上穿孔，用绳编联成甲。随着青铜冶铸技术的发展，到西周

时期在皮甲上缀有青铜护甲和青铜甲泡。《考工记》的“函人为甲”中记载了当时有关选材、制甲的全套工艺。战国后期，锋利的钢铁兵器逐渐用于实战，促使防护装具发生变革，铁铠开始出现。到汉代，铁铠完全取代了皮甲。西汉时期，铁铠的制作由粗到精，从大甲片制成的“札甲”发展为小甲片编成的“鱼鳞甲”。札甲约用 600 甲片，而鱼鳞甲则有 3000 左右甲片。防护的范围也由仅保护胸背，发展到加有保护肩臂的“披膊”和保护腰胯的“垂缘”。西汉以后，铁铠的硬度和韧度提高，类型也日益繁多。三国时期出现了一些新型铠甲，有黑光铠、明光铠、两当铠、环锁铠和马铠等等。北魏(公元 385—534 年)以后，明光铠日益盛行，至到唐代已有 13 种甲制。北宋初年，铠甲的制作技术更为精良。《武经总要》中绘有 5 套甲胄和 1 套马甲的图像。图中的铠甲包括护体的“甲身”、护肩的“披膊”、护腿的“吊腿”、护头颈的“兜鍪顿项”。这是对中国古代铠甲的总结。宋代的沈括在《梦溪笔谈》中记述了当时中国西部地区所锻造的冷锻瘊子甲，以质地精良著称，有较高的硬度，50 步外强弩射之不能入，同时表面光洁可鉴毛发。这说明了中国古代制作铠甲技术已经具有很高的水平。随着近代火器的出现，铠甲也就失去了它的防护作用而走向衰落。

胄是古代将士防护头部的装具，又称兜鍪、头鍪、盔等，常与护体的铠甲配套使用，统称为甲胄。在新石器时代，胄比较粗糙，多用藤条或兽皮缝制。青铜器时代，开始使用青铜铸造的胄。商代的青铜胄，不仅坚固，而且胄面铸有虎纹，牛纹或其它图案，胄顶还铸有装缨的铜管，非常壮观。战国时开始使用铁胄。河北易县燕下都出土的战国晚期的铁胄，由 89 片铁甲编缀而成。由于外型象鍪(即锅)，所以开始称为“兜鍪”。秦汉以后，普遍装备铁兜鍪。唐朝以后，兜鍪后部护颈的部分(“顿项”)常用轻软牢固的环锁铠制成，到了宋代则以铜质的网状顿项取代。胄的使用年代比盾和铠甲要长，直到近代出现枪炮以后，仍然有防护头部的装具，只是形

制和材料发生了根本的变化，以钢盔取而代之。

在古代的防护装具中，不仅有防护将士的装具，也有防护战马的装具——“马甲”和“马铠”。中国在汉代已有了皮马甲，主要是挡胸，到三国时期才有全付马甲的记载。南北朝时期保护战马的装备日趋完备，出现了比较齐全的“马具装”。马具装一般由保护马头的“面帘”、保护马颈的“鸡颈”、保护马胸的“当胸”，保护躯干的“马身甲”，保护马臀的“搭后”以及竖在尾上的“寄生”6部分组成，使战马除耳、目、口、鼻及四肢、马尾外露以外，全部都有铠甲的保护。马甲与马铠的制作技术及其发展线索与铠甲相似。

第二节　火药的发明和火器的制造技术

火药是中华民族古代四大发明之一。火药的发明在军事科技史上具有重大意义，它引起了兵器的革命性变化，也由此产生一系列的相关技术。在古代，人们在军事上运用火药主要是利用它的爆炸和燃烧功能，至于对火药射击功能的充分挖掘则要到近代。

一、火药的发明

中国古代发明的火药是由硝石、硫磺、木炭按一定比例混合而成的黑火药，又称有烟火药。黑火药中的硝石、硫黄等皆可入药，混合后对火花和火焰敏感，易点燃并猛烈燃烧，所以称之谓“火药”。黑火药具有燃烧和爆炸的功能，并能通过调整配比和选择适当的颗粒度以满足不同的使用要求，在军事上有重要价值。直到19世纪下半叶出现无烟火药、苦味酸和硝化甘油等新的火炸药之前，黑火药一直是人们使用的唯一爆炸物。直到现在，黑火药虽然在军事上不再作为发射药或炸药装药使用，但仍然广泛地用于点火药、传火药和抛射装药。

中国发明火药至迟在公元808年以前。早在公元前6世纪春

秋战国时期,火药的主要成分硝石、硫磺已为人们所知。所谓"石硫黄出汉中","消石出陇道"。石硫黄即硫磺,消石即硝石。硝石、硫磺作为药物,在中国第一部药物学专著、汉代的《神农本草经》中已有记载。从晋葛洪《抱扑子内篇·金丹篇》的记载中可知,那时已利用硝石和醋的混合液来溶解金属矿物。南朝陶弘景在《本草经集注》中指出:"以火烧之,紫青烟起,云是硝石也"。以此法可将硝石(硝酸钾)与朴硝(硫酸钾)等相区别。正是对硝石、硫磺以及木炭等性能的一定认识,为火药的发明创造了条件。

在火药发明的过程中,中国的炼丹家起了重要作用。炼丹术相传在汉武帝时开其端,炼丹为寻觅长生不老之药,因此得到统治者的青睐,历经魏晋隋唐而不衰。炼丹术中常用的药物——硝石、硫黄及硫黄的砷化物,是火药的主要成份。西汉末东汉初的炼丹书《三十六水法》中,有名为"硫黄水"、"雄黄水"、"雌黄水"的丹方,用硝石与硫黄、雄黄与雌黄在竹筒中以水法共炼。东晋炼丹家葛洪所著的《抱朴子·仙药》中有以硝石、玄胴肠、松脂三物炼雄黄的记载。现代科学可以证明:当硝石量小时,用硝石、玄胴肠、松脂三物炼雄黄可得砒霜及单质砷;而当硝石量大时,猛火加热后就会发生爆炸。为了防止爆炸,炼丹家发明了"伏火"之法。相传隋末唐初的医学家逊思邈所撰《诸家神品丹法》的《孙真人丹经》中记载了"伏火硫黄法":"硫黄、硝石各二两令研,可用销银锅或砂罐子,入上件药在内,掘一地坑,放锅子在坑内,与地平,四面却以土填实,将皂角子不蛀者三个烧令存性(注:即炭化)以铃逐个入之,候出火焰,即就口上着生熟炭三斤,簇煅之,候炭消三分之一,即去余火不用,冷取之,即伏火也矣"。唐宪宗元和三年(公元前808年),炼丹家清虚子在其所著《太上圣祖金丹秘诀》中记载"伏火矾法":"硫二两,硝二两,马兜铃三钱半,右为末拌匀,掘坑入药于罐内,与地平。将熟火一块弹子大,下放里面,烟渐起,以湿纸四、五重盖,用方砖二片捺,以土冢之。候冷取出,其硫黄住。每白樊三两,入伏火硫

黄二两，为末，大甘锅一个，以药在内，扇成汁，倾石器中，其色如玉也”。炼丹家的这种“伏火法”，实际上就是将硫黄、硝石与木炭或炭化了的皂角子、马兜铃混合，埋入地下，并用土和湿纸盖住，用明火将其点燃爆炸后再取出炼丹。这就说明，人们已经发现了硝石、硫黄、木炭的混合物具有爆炸性能，标志着含硝、硫、炭三组分的火药在中国诞生。

明代以后，中国古代的一些科学家对火药的配方和性能进行了理论探索。明朝的唐顺之在《武编》(公元 1549 年辑)中指出：“虽则硝、硫之悍烈，亦籍飞灰而匹配”。“硝则为君而硫则臣，本相须以有为；硝性竖而硫性横，亦并行而不悖”。“烈火之剂，一君二臣，灰硫同在臣位，灰则武而硫则文。剽疾则武收殊绩，猛炸则文策奇勋”。“灰硝少，文虽速而发火不猛；硝黄缺，武纵燃而力慢”。文中对火药中的硝、硫、炭三种成分的作用和相互关系作了定性的说明，并明确指出了硝石的重要作用。明朝的著名科学家宋应星在《天工开物》(公元 1637 年初刊)中对火药的性能作了进一步的理论说明：“凡火药，硫为纯阳，硝为纯阴，两精逼合，成声成变，此乾坤幻出神物也”。“消性至阴，硫性至阳。阴阳两神物相遇于无隙可容之中”。文中借阴阳说描述了硝硫在一定条件下发生的氧化还原反应。宋应星在指明了硝性竖而硫性横以后，进一步指出：“直击者消九而硫一”，“爆击者消七者而硫三”。这里不仅说明了硝与硫的比例不同，所产生的效果不同，而且提出了“直击”和“爆击”的概念，这与现代的“射击”与“爆炸”的概念大致相当。中国古代科学家对火药的理论探索，对中国古代火器的制造有重要的指导作用，也为军事火药理论的发展作出了贡献。

二、抛投火器和管形火器

公元 10 世纪，中国已将火药用于军事，制造出火毬，火箭、火蒺藜等等火器。据《宋史·兵志》记载：宋太祖开宝三年(公元 970 年)“兵部令史冯继升等进火箭法，命试验，且赐衣物束帛”。开宝

八年(公元 975 年),宋灭南唐时,曾用火炮(注:火毬)、火箭。咸平三年(公元 1000 年)"神卫水军队长唐福献所制火箭、火毬、火蒺藜"。"咸平五年(公元 1002 年)"知宁化军刘锡制火炮(注:火毬)以献,诏沿边造之以充用"。

火毬,即装有火药的燃烧性球形火器。一般以硝、硫、炭及其他药材的混合物为球心,用多层纸、布等裱糊为壳体,壳外涂敷沥青、松脂、黄腊等可燃性防潮剂,大者如斗,小则如蛋。使用时先点燃(初以烧红的铁锥烙透发火,后改为以引信发火),再用礮或人力抛至敌方,球体爆破并形成烈焰。主要用来焚烧敌方城垒车船,杀伤和惊扰敌军。

火箭,是一种依靠自身向后喷射火药燃气的反作用力飞向目标的兵器。"火箭"一词,最早见于《三国志·魏明帝纪》。不过那时的"火箭"只是在箭头下绑缚一些易燃物,点燃后用弓弩发射出去而已。火药发明以后,才出现了真正的火箭。据载,北宋后期民间流行利用火药的反作用力能升空的"流星"(后来称作"起火"),用以玩赏。南宋时期,这一技术开始用于军事,出现了军用火箭。其制作方法是:用多层油纸、麻布等做成筒状,筒内装有火药,前端封死,后端留有小孔。然后将火药筒绑在箭杆上,箭尾有翎和配重铁块以稳定飞行姿态。发射时点燃火药,火药燃气从尾部喷出,产生反作用力,推动火箭前进。到了明朝初年,军用火箭已相当完善并广泛用于战场,被称为"军中利器"。明代初期兵书《火龙神器阵法》(公元 1412 年)和明代晚期兵书《武备志》(公元 1621 年)以及其他有关中外文献,均详细记载了中国古代火箭的研制和使用情况。仅《武备志》便记载了 20 多种火药火箭,其中的"火龙出山"已是二级火箭的雏型。火箭的制作工艺也比较考究,对于装药的方法、火药筒后孔的方向、深浅、大小都有规定。明代军事家戚继光在其《练兵实纪·杂集》中有所记述。火箭由于射程较远,箭头上涂有毒药,还可燃烧、发烟,在古代战争中是一种威力很大的兵器。

12世纪以前的各种火药兵器，如火毬、火箭、“火炮”、“霹雳火炮”、蒺藜火球，毒药烟球、火药包等利用的都是火药的引燃和爆炸性能。其中的“火炮”是用䃺发射的火毬；“霹雳火炮”是火箭的一种。而利用火药的发射性能是在12世纪之后。12世纪30年代，宋代出现了以巨竹为筒的管形火器。宋绍兴二年(公元1132年)，宋将陈规守德安时发明了“火枪”，它是将火药装在竹管内，引爆燃烧后用以烧伤敌人。宋宝祐五年(公元1257年)前后，出现了火筒。它是用粗短的竹筒制成，内装火药和石子，点燃后能将石子射出，这是真正的射击性管形火器的先驱。同一时期，开庆元年(公元1259年)安徽寿春罕创制“突火枪”。“突火枪”是用粗竹筒制成，内装火药与“子窠”。火药点燃后产生强大的压力将“子窠”射出，“子窠”也就是日后的子弹。《宋史》有明确记载：“以巨竹为筒，内安子窠，如烧放，焰绝后子窠发出，如炮声，远闻百五十余步”。到13世纪中叶前，开始出现金属管形射击武器——火铳。火铳之名最早见于《元史·达礼麻识理传》，书中说公元1364年已经有“火铳什伍相联”的部队，说明火铳在此以前就已创制成功。火铳由铜或铁铸成，前膛呈圆筒形，内放弹丸，有石弹、铅弹和铁弹。药室呈球形隆起，室壁有火门，可安放引线。尾銎中空，可安放木柄或木棍。手铳(相当于后来的枪)的铳身细长，可用尾銎上的木柄操持；大碗口铳和盏口铳(相当于后来的炮)形体短粗，置于木架上使用。火铳自发明以后，其制造技术发展很快，在朱元璋建立明朝的战争中发挥了很大的作用。明朝建立以后，大量制造火铳，并于永乐年间组建了专用火器的“神机营”。期间，出现了各式轻型和重型手铳、较大口径的碗口铳，其制造工艺也日益精细，铳身自药室至铳口壁厚逐渐递减，形成一定锥度；火门铸有长方形槽，便于装药；火门上装有活动的盖；手铳还配有装药匙。嘉靖年间还出现了三眼铳。火铳的发明使火器的发展进入了一个崭新的阶段，它为近代枪炮制造技术的产生和发展提供了良好的基础。

三、古代的地雷和水雷

中国在明朝初年(公元15世纪初)已经使用地雷。据《明史纪事本末·燕王起兵》记载,建文二年(公元1400年)白沟河之战时曾"藏火器地中,人马遇之,辄烂"。早期的地雷的制作方法是:将整石凿成空腹,内装火药,插入引信,加以密封。使用时,将其埋入地下,施以伪装。当敌接近地雷时,引信发火,引爆地雷。明朝中期后,使用地雷比较广泛,雷壳多为铁壳,引信也得到了改进。据史载,明万历八年(公元1580年),戚继光镇守蓟州时,曾发明了一种钢轮火石引爆装置——"钢轮发火"。他在地雷的上面安放一机匣,机匣内有一套传动机构。当敌人踏动机索时,匣中的坠石下落,使钢轮转动,与火石磨擦生火,从而引爆地雷。到了明朝末年(公元17世纪),地雷的设计思想开阔,制备工艺日臻精细,种类也更多。据《筹海图编》、《练兵实纪·杂集》、《武备志》等史籍记载,明军所用的地雷有10多种。以引爆方式计,有燃发雷、拉发雷、绊发雷、机发雷等等。以布设方法分,有单发雷,有利用一条引信控制爆炸的群发雷,也有一个母雷爆炸引爆若干子雷的"子母雷"。还有一些地雷可由车或动物运载进行冲阵。

中国在明朝也广泛使用了水雷。明嘉靖28年(公元1549年),唐顺之所辑的《武编》中曾详细地记述了"水底雷":将内置铁壳雷的大木箱沉入水中,用3条铁锚把木箱定位,有一条绳索一头连接水雷的发火装置,一头引到岸边由伏兵控制。当敌船接近水雷时,伏兵拉火引爆。这实际上是一种拉发锚雷。16世纪末,王鸣鹤撰写的《火攻问答》中记述了另外一种水雷——"水底鸣雷"。这种水雷是把铁壳雷置于密封的大缸中,沉入水底。在水面下一、二寸处横一绳索并与水雷的发火装置相连。当敌船绊动绳索时,发火爆炸。这实际上是一种触发沉底水雷。成书于公元1621年的《武备志》中记载了几种水雷,其中有一种称为"水底龙王炮"的水雷是定时爆炸漂雷。这种雷外壳用熟铁打造,重4—6斤,内装

火药，外裹牛脬密封。水雷上缚信香以引火，香的长度视时间而定。用处理过的羊肠套住信香并引出水面通气，上用鹅翎作浮，不致熄灭火种。然后将水雷缚于木排，坠入水中，顺流而漂，“香到火发，炮从水底击起，船底粉碎”。公元1637年宋应星所撰的《天工开物》中也记载了一种水雷，叫“混江龙”。这种水雷的基本构造与“水底龙王炮”相似，只是改由火石火镰摩擦发火。水雷在中国古代水战中起到很大作用。中国古代的水雷与地雷制造技术与构思为近代地雷的产生和发展提供了经验。

第三节　其它作战器械的研制技术

古代的作战兵器，除了金属兵器、火器以外，还有攻城器械、战车、战船等等。它们在古代战争中是不可低估的重要器具，有关的技术在军事科技发展史上也有一席之地。

一、攻城器械技术

古代攻城器械种类很多，但是其主要器械是攀登器、发射器和撞击器，如云梯、投石机械、破城锤、攻城吊车以及木炮和石弩等最为常用。西方古代的攻城器械中破城槌是最普遍使用的破城武器，攻城吊车可以把几名战士吊到城墙上攻打敌人、占领城墙。最有效的攻城机械是巨大的活动塔(攻城塔)。在公元前305年围攻罗德斯岛上的罗德斯城时，建筑起一座九层攻城塔，高达50米。在上面装有许多投射机械，能够平射或俯射攻打守城的敌人，还可以利用其一面的活动木板搭到敌城上，战士们可从塔上冲向城关杀敌。塔底有轮，可随时移动。同时具有杀伤与破坏作用的是发射类器械，古代希腊、罗马时期的木炮和石弩就是攻城时用来投射石块、石核或铅核的重投机械。石核重的达70公斤，射程有300—500米。更广泛使用的石核，重量在3.5公斤左右。除此之外，

在火药运用于军事以后，火箭也是攻击坚固城堡时最为有效的杀伤与破坏的兵器。

中国的攻城器械的制作技术在春秋战国时期便已经产生。三国时期战争频繁，展开了一系列的攻防战，由于战争的需要，攻城掠地战略战术以及攻防器械和兵器制造，都有不同程度的发展。在攻城器具方面，有火车、发石车、钩车、虾蟆车等。梁代的侯景在攻城器械设计与制造方面有许多创造。他曾“设百尺楼车”，“并高数丈，一车至二十轮”(《梁书·侯景传》)，又造飞楼、撞车、登城车、阶道车、火车等。攻城器械在战争中发挥了很大作用。如曹操与袁绍在官渡之战中，先是曹军失利，设营防守，袁绍军“为高橹，起土山，身营中”，使曹军“大惧”，曹操便令制造发石车，摧毁了袁军的楼车，这种发石车被袁军称作“霹雳车”，显示了巨大威力(《三国志·袁绍传》)。

中国的攻城器械中最突出的要数云梯。据《墨子·公输》中记载，云梯的最早发明者是春秋时期鲁国巧匠公输般。战国时期的云梯由三个部分组成：底部装有车轮，可以移动；梯身靠人力扛抬，可以上下仰俯；梯顶有钩，用于钩攀城缘。唐代的云梯有很大的改进，设有主梯、副梯。主梯为固定式装置，底部“以大木为床，下置六轮”，梯身以一定的角度固定在底盘上。副梯是一具活动的“上城梯”，顶端有一对辘轳，登城时可以沿城壁上下滑动，称为“飞云梯”。由于主梯是固定的，可以缩短架梯的时间，增设副梯，可以降低云梯的高度，避免过早地与城缘接触而遭到破坏。攻城时，只要将主梯停靠的城墙下，再在主梯上架设“上城梯”，便可“枕城而上”。宋代的云梯有了更大的改进。据《武经总要·攻城法》记载：“云梯以大木为床，下施六轮，上立二梯，各长丈余，中施转轴，四面以生牛皮为屏蔽，以内人推进，及城则起飞梯于云梯之上”。说明宋时的云梯已经采取了以转轴为连接的折叠式结构，并在梯底增加了防护设施。此外，宋时云梯的“上城梯”有了多种样式，有“飞

梯，长二三丈，首贯双轮，欲蚁附则以轮著城推进”；有“竹飞梯，用独竿大竹，两旁施脚涩以登”；有“蹑头飞梯……为两层，中施转轴以起梯，竿首贯双轮，取其附城易起”。明代以后，随着火药的发明，这种笨大的竹木结构的器械在战场上遂逐渐消失。

二、古代战车技术

中国是最早制造出陆路交通工具——车的民族。中国的先民在运输生产产品以及木、石等建筑材料过程中，逐步制造出滚木、轮子、轮轴，最后出现了车。最原始的车轮是没有轮辐的一块圆木，称作“辁”。《左传》中说薛最善于造车，出身于薛的奚仲曾做过夏王朝的“车正”，他“桡曲为轮，因直为辕”，创造了有辐条的车轮。正式使用战车的记载见于《尚书·甘誓》，司马迁收入《史记·夏本纪》。夏禹的儿子启直接从父亲手中继承了国家权力，有扈氏不满，夏启就率兵镇压。战斗前，夏启发表了一篇战争动员令，就是《甘誓》。其中有这样一段话：“今予惟恭行天之罚。左不攻于左，汝不恭命；右不攻于右，汝不恭命；御非其马之正，汝不恭命。用命，赏于祖；戮于社”。根据先秦文献、卜辞记载，早期战车的形制为：方形车厢，独辕，两个车轮，车轮直径较大，约130—140厘米。每轮有18—24根辐条。车毂较长，突出于轮外。车辕前横置一条车衡，衡上缚两轭，用以驾车。车厢门开在后方，车体全用优质木料制造。车前架四匹马，中间两匹辕马。称“服”，左右侧拉旁套两匹马叫“两骖”，一套驾车的马合称为“驷”。根据有关资料，古埃及在其新王国时期（约公元前17世纪）也有了战车，木制，有一个辕杆，由两匹马驾驶，乘两人。可见，中国古代使用战车的时间显然要比世界其他国家早，制造技术也比较先进。

到了商周时期，用来作战的车的形制已比较精巧。商代的车由车辕、车舆和轮、轭等部分构成。各部分再细分，加上马具和辔饰，其名目有几十种之多。春秋末年齐国人的著作《考工记》记述了一套比较完整的制车工艺及规范。它首先对车的关键部件——

轮子提出了一系列技术要求和进行检验的手段:第一,“规之以眡视其圜”。即用规测量轮子,视其外形是否正圆。第二,“萬之以眡视其匡也”。就是说轮子平面必须平正,检验时将轮子平放在同轮子等大的平整的圆盘上,视其是否彼此密合。第三,“县之以眡视辐之直也”。即用悬线察看相对应的辐条是否笔直。第四,“水之以眡视其平沉之均也”。即将轮子放在水中,看其浮沉是否一致,以确定轮子的各部分是否均衡。第五,一辆车的两个轮子的尺寸大小和轮重都要相等,其方法是“量其薮以,以眡视其同也;权之以眡视其轻重之侔也”。第六,轮子的整体结构必须坚固,即所谓“欲其朴属”。第七,毂的粗细、长短要适宜。“行泽者欲长毂,短毂则利,长毂则安”。也就是依据利转和稳定的原则,对不同用途的车辆,选用毂的不同尺寸。第八,“轮已崇,则人不能登也,轮已庳,则于马终古登阤也”。即要求轮子的直径要适中,因为太大,人上下不方便,太小马拉起来吃力。第九,对轴要求材料好,坚固耐久,转动灵便,这就是所谓“轴有三理:一者为微也,二者以为久,三者以为利也”。第十,必须选用坚实的木材,即所谓“斩三材必以其时”。由此可见,技术的要求是很严格的,其考虑十分周全细密,而且又是十分符合科学道理的。《考工记》还对车舆材料的选择及连接方法,车辕、车架的制作,对不同用途的车辆的要求等问题分别予以叙述,这些都反映了当时制作战车技术的很高水平。

春秋战国之际,是车战发展的鼎盛时期。当时,每个诸侯国都拥有大量战车。一次战争行动,常常出动战车一千辆以上。“千乘之国”、“万乘之君”,成为显示国家兵力和国势强大的重要标志。秦汉以后,仍然有人利用车战破敌。如西汉“夏候婴破李由军于雍丘,以兵车趣战,疾破之”(《汉书·夏候婴传》)。汉武帝时,令大将军卫青出塞抗击匈奴,卫青“以武刚车,自环为营”。晋马隆击树机能时,造偏厢车,“地广则为鹿角、车营;路狭则为木屋施于车上,转战千里,杀伤甚众,逐平凉州”(《晋书·马隆传》)。但是,这些兵车

多用于运输和设营,“以车载米粮、器械,止则环以为营耳。所谓甲士三人,左执弓,右执矛,中执绥之法。已不复存矣”(马端临《文献通考》)。后世兵车主要用来装载辎重,特别是当出塞远征时,必须随行大量兵车以资军用。公元458年,魏文帝拓跋征矛然时,一次出动兵车15万乘,创造了世界战争史上兵车参战的最高记录。

宋代,北方少数民族崛起,女真、辽、西夏诸部都擅长骑射,每当发生战争,长驱直入,宋军难以抵挡,于是有人主张重建车兵,用来抵挡骑兵。北宋大将李纲称:“步不足以胜骑,而骑不足以胜车”。他在金军侵汴之时,采用统制官张行中发明的战车,绘图颁发给京东、京西两路军队练习使用。这种战车“双轮两竿,上载弓弩,又设皮篱,以捍矢石;下设铁裙,以卫人足”。每车用卒25人,“四人推竿动车,一人登车以发矢,余则持军器夹车之两旁”,宿营时,用铁索横联,充当防御工事(《宋史·李纲传》)。火药发明以后,出现了许多种装载火器、盾牌的战车。明正统十二年(公元1447年),朱冕创议用“火车备战”。以后直到明末,许多戍边将领纷纷倡议建设车营,“藏火于车”,将火器、战车与盾结合,出塞御敌,以对付北方民族的骑兵。明代九边先后装备过正厢车、偏厢车、扇厢车、双轮战车、单轮战车、雷火车、全胜车、鹰扬车、屏风车、冲虏藏轮车、火柜攻敌车、塞门车、火车、霹雳驻车等等。但这些战车都是活动的战斗堡垒,当年“车毂错兮短兵接”的时代却一去不复返了。

三、古代战船技术

大约在7000年前,中国的先民已经开始了水上活动。至周朝,舟船已成常用交通工具,《易·系辞》曰:“刳木为舟,剡木为楫,舟楫之利,以济不通致远”。史籍中也有了水战的记录。春秋时期,各诸侯乘船作战已很频繁,据《左传》记载,鲁襄公二十四年(公元前549年)“楚子为舟师以伐吴,……无功而返”。鲁昭公十七年(公元前525年),吴伐楚战于长岸(今安徽当涂西南),起先楚军胜缴获吴王乘舟“余皇”,然后吴师反击又夺回了“余皇”。鲁哀公十

年(公元前485年),“徐承帅舟师将自海入齐”。这是历史上有记载的中国舟师第一次海上军事行动。春秋战国时期,战船的种类和形制已相当齐备,主要用的是桨船。据《越绝书》记载,吴国就有5种船型,“大翼者当陵军(陆军)之重车,小翼者当陵军之轻车,突冒者当陵军之冲车,楼船者当陵军之行楼车,桥船者当陵军之轻足骠骑也”。当时比较大的战船称“大翼”,长12丈(约24米),宽1丈6尺(约3.2米),可容战士20余人,桨手50人。

中国第一个封建大帝国秦王朝的建立,极大地促进了船舶制造技术的发展。到了汉代,已有比较完整的水军体制,战船更趋完备。据史书记载,汉武帝刘彻曾在公元120年下令在长安城西挖建了方圆40里的昆明池,在池中大造楼船(当时的战船),建立一支“楼船”水师部队。《后汉书》中说,汉王超一次能出动楼船2000艘,而大型楼船的舱室高达4层,这是当时的重型战船,名为“舰”,另外还有冲锋船“艨冲”和走舸等多种类型的战船。楼船,是中国古代的巨型战船。船上起重楼,“列女墙、战格、树幡”,装备战炮、拍竿;甲板上可以奔车驰马,每船可装载士卒数千余人。艨艟,也叫蒙冲,是一种航速较快的轻型战船。因为舰背上蒙上生牛皮,所以称做蒙冲。这种战船,“外狭而长”利于冲波破浪 ,前后左右都有弩窗、矛穴,可以四面发射弓弩,或以白刃刺击敌船兵士。走舸,是一种轻便的快船。“船舷上立女樯,棹夫多,战卒少,皆选勇力精锐者充。往返如飞鸥,乘人之所不及。金鼓,旌旗列之于上”。汉代船舶技术的进步还表现在橹 、舵和布帆的发明和应用。东汉刘熙《释名》中说:“在旁曰橹,橹,膂也。用膂力然后舟行也”。橹是比桨效率高的推进工具,桨只有向后拨水时才作实功,而橹在整个运动中都作实功,俗话说“一橹三桨”就是这个道理。船尾舵的出现大概在两汉之交,它使人们能够轻便灵活地掌握持定的方向。它的出现是船舶技术的重大进步。此外,据《释名》说,“随风张幔曰帆,帆,泛也,使舟疾泛泛然也”。这说明东汉已经使用了布帆,

它是利用风力解决船舶动力问题的重大发明。至此，中国古代战船制造技术已经达到比较成熟的阶段。

三国时期，战船制造的规模扩大，技术更加成熟，使用也很熟练。孙吴建都不久，就拥有船舰5000余艘，并不断派出较大规模的船队北航辽东，南通南海。其中大船上下5层，可载3000人。赤壁之战中，曹吴双方水师都使用大量艨艟。《三国志·吴志》称："操得荆中水军蒙冲战舰，浮以沉江"。而吴军火烧曹军水师，则出动"蒙冲、斗舰数十艘"(《三国志·吴志·周瑜传》)。黄盖诈降，以蒙冲、斗舰载纵火物，"又预备走舸。各系大船后"(《资治通鉴》卷六十五)，火发后，舰上吴军士卒、乘走舸走脱。三国后期，晋在作灭吴准备时，发明将许多小船拼装成一艘大船的造船方法。这种大船叫"连舫"，"方百二十步，受二千人，以木为城，起楼橹，开四出门，其上皆得驰马来往"(《晋书·王睿传》)。在此之后，中国古代的战船形制没有太大的变化，只是在制作技术上不断提高。如南北朝时期，船尾已采用升降舵，帆的面积逐渐增大，大帆用布120幅，高9丈，并注意到帆的方位，以提高风帆的效率。值得一提的是，在唐代出现了车船，这种新型战舰"挟二轮蹈之，翔风鼓浪，疾若挂帆席"。这种以轮为桨的战船或许对以后出现的明轮战舰有启发作用。到宋朝，战船技术进入了又一个兴盛时期。明朝时期则发展了海上作战的战舰，并配备了火炮。

大约在5000多年前，古代埃及就有了木帆船。在西方，古代希腊的舰船技术比较发达。公元前5世纪是雅典海军的鼎盛时期，雅典海军奠基者米斯托克利，在公元前480年动用雅典劳昂银矿的收入建造一支舰队，共有舰船200艘以上。这时军舰头角包以黄铜，以备冲撞之用。三列桨舰船有170名划桨手，上层62人，中层和下层各54人。除此而外，还有操纵帆水手和重装步兵战士，所以一般三列桨舰船的船员可达200人。古代其他国家和地区舰船技术也有不同程度的发展。

第四节　古代的军事通信技术

通信也称"通信联络"，即用各种通信手段建立的联系。军队中的通信联络是保障作战指挥的基本手段。能使上级的命令、批示及时下达，下级的情况及时上报，友邻部队之间密切协同。通信技术是指将信息从一个人或地点传递到另外的人或地点而采取的方法和措施。古代的军事通信方式主要采用的是简易信号通信和运动通信。

一、简易信号通信技术

简易信号通信就是使用简单的信号工具、就便器材和简便方法，按规定的信号或记号传递信息的通信方式。军队中常用的工具和方法有：旗帜、锣、鼓、号角、军号、信号灯、信号枪、烟火、喊话、手势等等。在没有发明文字和交通工具之前，人类除了直接用语言之外，还曾以物示通信的方法，即以一个物件代表一种含义的方法来传递信息。最初的军事通信最简单的形式，是由指挥员用语言、姿势或传令兵下达命令。公元前3000多年前，军事通信中开始出现了简易信号通信方式。相传黄帝在涿鹿与蚩尤大战时就使用了号角，即用自然物质——动物的角吹奏出一定的声响来进行通信联络。以后又有了多种形式的"光"、"声"通信手段，逐渐出现了旗、鼓、角、金等各式传令工具。中国春秋时期（公元前841—公元221年）的著名军事家孙子在《孙子兵法》中称古代战争中："夜战多火鼓，昼战多旌旗"。这说明简易信号通信在此时已经运用得相当普遍。这种通信方式一直延用了很长时间，直到今天在一些特殊的场合中仍然在运用。

在古代军事通信中，使用最普遍的是烽火狼烟。根据史书记载，约2700年前中国的周幽王时期（公元前781年一公元前770

年)就有了利用烽火传递信息的办法。相传周幽王为搏得宠妃褒姒一笑,"烽火戏诸候"。中国历代王朝,利用这种烽火来传递军事情报相沿很久。从后来发掘出来的"汉简"可以知道,在两汉时代(公元前 206 年—公元 188 年),从甘肃一直到新疆罗布泊,都有烽火设置,而且规模很大,据说是"五里一燧,十里一墩,三十里一堡,百里一城寨"。这些烽火台由各地方官吏管辖,并且设置不同等级的管理烽火的官吏,配备士卒。白天举烟,夜晚放火,并有简单的暗号,如敌人在 500 名以下放一道烽火,在 500 名以上放两道烽火。这种通信方法直到明清时代还有许多地方在使用。用烽火狼烟进行通信的方式在古代其它国家也多有使用。亚述帝国(公元前 14 世纪—公元前 7 世纪)为了传达重要消息,通常利用火光(篝火)信号通过驿道的各站来进行传输。这种火光通信的方式在古代希腊(公元前 3 世纪—公元前 2 世纪)也加以利用。古代希腊人传达信号主要靠烽火,根据历史记载和考古发现,在古代希腊的阿提卡和小亚沿岸之间,有一条烽火台通信传输线路。在希波战争时期(公元前 500 年—公元前 449 年),希腊广泛地利用过烽火信号。在伯罗奔尼撒战争时期(公元前 431 年—公元前 404 年)的普拉提亚之围时,雅典和斯巴达双方都使用过烽火信号。用火的技术是人类最早的技术,大约在 50 万年以前,"北京人"就已经知道用火。战国时的《庄子·外物篇》等书中有"木与木相摩则然"、"钻木取火"等语,记载古人燧木取火的方法。火的使用在从猿到人转变的过程中起着重要的作用,是人类第一次利用自然力的成果,这一原始技术产生的伟大意义不亚于以后出现的蒸汽机技术。恩格斯说过:"就世界性的解放作用而言,摩擦生火还是超过蒸汽机"(《马克思恩格斯选集》第 3 卷第 154 页),而这一技术被人们巧妙地运用在军事上。

烽火传信是利用自然力的通信方式,而人与动物的区别在于不仅能简单地利用自然力,而且还能通过改造自然创造出各种工

具来为自身的需要服务。古代简易通信工具中，最著名的工具是金(锣)、鼓。金(锣)是一种铜制的圆形击打乐器，鼓是由绷紧的膜振动而发音的乐器。古代中国在战争中擂鼓为进，鸣金为退，是将帅指挥作战的重要手段。金(锣)作为通信工具的出现，是由于铸铜技术和铜器成形技术的产生和发展。新石器晚期，古代中国人就能锤锻天然红铜来制造铜器。据《左传》记载，中国在夏朝已开始铸铜。公元前1200年，中国殷朝青铜(铜、锡、铅等元素的合金)冶铸技术已达到成熟阶段。青铜不仅用来制作生产工具和兵器，还用来制造乐器。那时曾经出现过一种称作“刁斗”的简易通信工具，它原是一种青铜制成的炊具，样子象钵，由于刁斗的声音特别尖脆震人，就成为军中的报警器。以后，中国的铸铜技术不断发展。中国西汉的刘安招宾客方士所著的《淮南万毕术》中记载了公元2世纪中国人知道“白青(即硫酸铜)得铁则化为铜”的知识。说明中国人已经知道用金属置换反应来获得铜。公元1世纪，西汉出现用含锌矿石炼制铜合金。公元3、4世纪中国东汉三国时张揖著《广雅》一书中有鋈即白铜(铜锌镍的合金)的记载。公元4、5世纪南北朝的炼丹士已用炉甘石即碳酸锌矿石及铜炼得黄铜。公元10世纪左右，宋朝发明了世界上最早的胆水(胆矾溶液)浸铜法，并用于生产铜。铸铜技术与铜器成形技术的发展，为古代军事简易信号通信的工具——金(锣)的制作提供了技术基础。鼓作为简易通信的工具，依赖于制革技术的产生和发展。春秋末年齐国人著的《考工记》一书中记载了皮革加工技术和乐器制造技术。《考工记》中记载了皮革的质量的鉴定方法，进而讨论了得到色泽“荼白”、质地“柔而滑”、各部分缓急均匀的皮革，以及缝制裁整的加工处理技术。《考工记》还记载了鼓的不同形状会给人带来很不相同的声音感觉。这些记载说明在春秋时期我国的皮革加工技术和乐器制造技术已经相当成熟了，把鼓作为军事通信的工具就是非常自然的了。

旌旗也是一种重要的通讯工具。中国古代很早就出现了旗语通信。商代的甲骨文有关于旗的记载。兵书《六韬·虎韬》记载："人执旌旗，外内相望，以号相命，勿令乏音"，说明旗在古代已用于军队作战。三国时期旗语通信已运用到战船上，《太平御览·诸葛亮军令》记载："闻擂鼓音，举白幡绛旗，大小船皆进战，不进者斩。闻金音，举青旗，船皆止，不止者斩"。在战场上，往往以旗色作为信令，如青旗表示木，红旗表示火，黄旗表示柴，白旗表示石，黑旗表示水等等。旗与鼓配合还可指挥布阵，《新唐书·礼乐志》记载了这一情况："东军一鼓，举青旗为直阵；西军亦鼓，举白旗以方阵以应。次西军鼓，举赤旗为锐阵；东军亦鼓，举黑旗以曲阵以应。次东军鼓，举黄旗为圆阵；西军亦鼓，举青旗以直阵以应。次西军鼓，举白旗为方阵；东军亦鼓，举赤旗以锐阵以应。次东军鼓，举黑旗为曲阵；西军亦鼓，举黄旗以圆阵以应"（中华书局 1975 年版《新唐书》（二）第 386—388 页）。旌旗作为通信工具，得益于纺织技术的产生和发展。中国原始社会后期出现了原始的纺织技术，在新石器时代的遗址中绝大部分都发现了纺坠。到商周时期，纺织技术有了很大的提高，能够织出缯、帛、素、练、纨、缟、纱、绢、绮、罗、锦等许多品种，并出现了提花技术。随着编织业的发展，印染技术也得到了发展。商、周时期（公元前 16 世纪—公元前 5 世纪），人们已掌握利用多种矿物颜料给服装着色和利用植物染料染色的技术，能够染出黄、红、紫、蓝、绿、黑等色及各种图案花纹。到了秦汉（公元前 221 年—公元 220 年），出现手摇纺车、织布机、提花机等纺织机械，纺织品的数量与质量有了很大的提高。纺织技术的出现与发展使旌旗作为简易通信的工具成为可能。

西方古代简易信号通信的工具与中国相仿。印度在吠陀时代（公元前 14 世纪—公元前 6 世纪）已有了军旗和军乐。军旗和军乐除了有鼓舞士气的作用外，也还有联络部队统一行动的作用。到了列国时代（公元前 6 世纪—公元前 4 世纪），军乐种类扩展到

贝壳、小鼓、罐鼓、铜钹等等。公元前1000年，埃及人已用石灰鞣革，制鼓来指挥军队。古代希腊人作战主要的传令工具是牛角和螺号。欧洲制造鼓的年代很早，摩拉维亚出土的一面鼓大约在6000年前。最早的鼓是一段中空的树干，一端蒙上两栖动物或鱼的皮，用手敲击，后来用兽皮或牛皮作鼓面，棍作鼓槌。但欧洲军队以鼓作通信工具的年代却较晚，14、15世纪的土耳其近卫步兵用长鼓作为通信工具，随着奥斯曼帝国的西扩，这种通信方式才传到了欧洲各国，英、法等国的军队曾用双面鼓作为通信工具。17世纪下半叶，俄国将鼓列为射手团、兵士团和龙骑兵团的装备，彼得一世时(公元1682—1725年)又将鼓装备到炮兵和舰队。欧洲各国军队装备鼓，主要用来鼓舞士气，发挥其通信的功能远远不如古代中国。

取火、用火是古代人生活的必要手段，而锣、鼓在古代社会是人们的一种的生活物品，锣、鼓最初的出现多半是用于娱乐或祭祀，旗在原始时代则用来识别氏族和部落，以后作为城邦和国家的象征或标志。因此，早期军事通信的工具——火、锣、鼓、角、旗都是从生产工具和生活工具转化而来的。后来出现的军号(简易信号通信的一种吹器，以规定的音调表达一定的内容)、手旗(用于旗语通信，以执手旗的不同姿态代表不同的数码和字母，用一系列的动作组合成语言来进行通信)，才从一般的生活和生产工具中独立出来，成为专用的军事通信工具。军号作为军队的简易信号通信工具较晚，大约在公元1750年左右汉诺威轻骑兵开始使用，后来英国的轻骑兵也使用了军号。公元1858年，英国设计的盘绕两次细管体的军号定为正式军号，此后各国军队相继仿效。手旗则是在公元15世纪以后随着大型远洋舰队出现才有的。由于古代军事简易信号通信来自于社会生活，极易掌握。这种通信形式通过人直接的视觉与听觉来接受，在古代战场上实施指挥十分有效。但由于技术简陋，传输的距离有限，且不易保密，距敌远时用不上，

距敌近时不能用，因此在军事电讯技术出现以后降到了次要的地位。

二、运动通信技术

运动通信是指一种由通信人员徒步或使用交通工具、或利用驯养的动物来传递信息的通信方式，这种通信方式自古以来就有。由人徒步或使用交通工具的通信方式在修建驿道、设立驿站后形成了有组织的运动通信网。中国是最早出现军事运动通信的国家之一。商朝迁殷(公元前14世纪)后，相距千里的边情报告，12、13天即可传到殷京(今河南安阳)。中国周朝，诸候自成一个国家，驿马和邮车传递送官府文书就已出现。春秋时孔子说："德之流行，速于置邮而命令。"——他所提出的道德学说，会比邮驿传播得更快。秦始皇统一中国后，在全国修筑驰道，"车同轨"、"书同文"，促进了邮驿通信的发展。秦汉时期的驿道每隔30里有一驿站，每驿站都有"传车"和"驿骑"。每10里设一"邮亭"。唐朝(公元618—896年)的邮驿制度盛极一时。唐朝的邮驿，分陆驿、水驿和水陆兼办三种，共1600多处。驿传的速度达到每天300公里以上。诗人岑参在《初过陇山途中呈宇文判官》诗中写道："一驿过一驿，驿骑如星流；平阳发咸阳，暮及陇山头"。诗人杜牧讽刺唐明皇为杨贵妃吃新鲜荔枝，专设长安到四川涪陵邮驿，昼夜飞驰："一骑红尘妃子笑，无人知是荔枝来"。公元775年，安碌山在范阳(今北京一带)起兵反唐，唐明皇正在华清宫(今陕西临潼县境)，距离好几千里，6天之内就接到了驿骑送来的情报。元朝时期，由于军事活动范围扩大，通信事业就更加发展，设驿站1496处。意大利旅行家马可波罗在他著的《马可波罗行记》中曾提到元朝每25里必设一驿站，足有1万多处。直到清朝中叶，现代邮政才开始替代古老的驿站。在国外，最早的一条驿道是古亚述王国于公元前11世纪修建的，在驿道上每20公里有一个驿站，急使在此换乘马匹，把国王的命令送到战区，把前线的战报传到皇宫。在亚述驿道的基础上，

以后建立了波斯驿道制，从波斯首都苏萨到小亚爱非斯的所谓“皇道”，全程 2400 公里，国王的命令 7 天就可从苏萨传到小亚沿岸。古代罗马和古代埃及也有一定规模的军事通信驿道。

在古代军事通信中，除了由人来直接传递信息外，还有利用动物来进行信息传递。一种是用信鸽。信鸽有识别方向的特殊能力，飞翔速度快，可以在数百里间来往传递。把书信插入鸽腿的轻管内，就可以进行远距通信了。人类用军鸽通信的历史悠久。早在公元前，亚洲、非洲和欧洲一些文明古国已使用这种通信方式。中国在秦末楚汉战争中，就使用军鸽通信。以鸽传书，在中国以唐宋(公元 618—1279 年)为盛。宋代将军曲端的军队中驯养军鸽，可与不同方向的部队进行通信。大约在公元 5 世纪，古代希腊也已经使用鸽子进行军事通信了。19 世纪后期，许多国家的军队都设有驯养和掌管军鸽通信的专职机构。另一种是通信犬。经过训练后能传递书信的军犬，嗅觉灵敏，记忆力强，有辨别特定语言、气味、声音、记号的能力，信囊通常系在通信犬的颈环上。用军犬来进行军事通信的年代也很久远。运用动物来进行军事通信的基础是人类驯养动物技术的产生和发展。恩格斯在《家庭、私有制和国家的起源》一书中指出：“野蛮时代的特有标志，是动物的驯养、繁殖和植物的种植。”(《马克思恩格斯选集》第 4 卷，第 19 页)据《大戴礼记·夏小正》，中国夏朝就有了驯养动物和关于动物习性的记载。由于狩猎的需要，最先驯养的动物可能是狗，7000 年前长江、黄河流域新石器时代遗址中就发现过狗骨。进入奴隶社会以后，马是奴隶主贵族在战争和狩猎时用来驾车的重要工具，受到奴隶主的特别重视。因此，《夏小正》与《周礼》中关于马的饲养、管理和繁殖技术有较多的记载。汉代(公元前 206 年一公元 22 年)，家畜鉴定和选种技术有较高水平。《齐民要术》保留下来的汉代《相马经》，已认识到马体各部位之间的相互关系和一些关于马的外形学的知识和理论。在驯养动物的过程中，人们发现了某些动物的特

殊功能，于是就用来作为军事通信的工具了。

在运动通信中，信息载体大多是军事文书。军事通信为了保密就需要用密语。密语，亦称“暗语”，通常以数字、字母、符号、单词等代替真实的通信内容。从记载看，最早制定军队秘密通信暗码的是中国周代初期的著名军事家太公望。他制定两种军队通信密码，一种叫阴符，一种叫阴书。阴符——使用者事先制定一套尺寸不等、形状各异的“阴符”，每只符都代表一定的意义，只为通信双方知道。阴书——把一份完整的军事文书裁成三份，分写在三枚竹简之上，“三发而知一”。公元 11 世纪，中国军队中出现了第一本真正的军用通信密码。这种密码表在宋代曾公亮、丁度等编纂的《武经总要前集》第 5 卷中。在这本书中用一首五言律诗的 40 个汉字，分别代表 40 种情况和要求。这种方法已具有密本体制的特点。在欧洲，公元前 405 年斯巴达的将领使用了原始的错乱密码。古罗马帝国的凯撒时期(公元前 59 年—公元前 44 年)曾采用有序的单表代替密码。之后，逐步发展为密本、多表代替及加乱等各种密码体制。

运动通信作为古老的远距通信形式，得益于建筑技术、动物驯养技术的发展，也需要有严密的组织以及通信人员的健壮体魄和一定的技能。运动通信由于其技术简单、便捷通用、可靠性好，在古代战争中发挥了重要的作用，并留下了许多成功的战例和感人的故事。古代希腊著名的“马拉松战役”便是一例。2000 年前，强悍的波斯帝国垂涎于希腊雅典城的财富，不惜动用干戈，大举入侵。雅典悉闻波斯大军驶向马拉松平原时，火急向斯巴达求援，使者是一个长跑能手。雅典方面迎战的统帅是名将米太亚德。两军在雅典城附近的马拉松海滨相遇。聪明的雅典统帅避开强大的波斯骑兵，利用马拉松海岸三面环山、一面濒海的有利地形，从两翼迂回包抄，然后从背后闪电般地向入侵者发起进攻。波斯军队猝不及防，遭受到重创，溃不成军……。统帅米太亚德为了让雅典城

内及早得到这一捷报，指派士兵中著名的“飞毛腿”裴迪辟去报信。裴迪辟受此重任，一口气跑完了4万2千195米的路程。当他上气不接下气地跑到雅典城门口时，只高喊了一声：“我们胜利了！”便倒毙在地上离开人世。为了纪念这位为国捐驱的胜利信使，在1896年举行的首届奥林匹克运动会上，人们就把裴迪辟所迅跑的路程作为一个竞赛项目，称之为“马拉松赛跑”。

第五节　古代的军事工程技术

古代军事工程技术主要是指构筑城池、城堡的技术。在冷兵器时代，军队驻防和宿营时构筑的营垒，防御时构筑的城池、城堡、壕沟、土墉、防栅和障碍物等，都是依靠人力和简单的手工作业来完成。通过总结军事工程在战争中的成功经验和失败教训，在工艺技术和方法上不断改革创新，积累了丰富的经验，为军事工程技术的发展奠定了基础。

一、筑城技术

古代的筑城包括城池筑城体系、城堡体系、长城筑城体系，各个体系的筑城技术有其相同的方面，也有其各自的特点。

城池是以城墙和护城河（或护城壕）为主体，与外围关堡相结合所组成的环形防御工程体系。该体系通常以一座城池为一个单元构成。重要的城池也有以一座中心城池为核心，与周围数座关堡相结合构成。一般包括墙壕防护设施，发射设施，出入口防御设施，指挥、观察设施，战斗保障设施，以及城池外围的防御设施等。城池筑城体系的形成与发展，是随着武器、战争形式和战术的发展而不断发展演变的。早在原始社会，当遇到某种威胁时，人们就会躲在壕沟、石垒、树桩的后面，进行被动的防护。随着私有财产的出现，其数量的增多和范围的不断扩大，掠夺斗争开始激烈起来。

各个部落为了保障本部落的财物、人口不被掠夺，为了在频繁的掠夺战争中“保存自己”，提高部落自身的生存能力，已经懂得了利用天然障碍，或以人力在住地周围构筑土围墙，并用防栅和壕沟加以保护。于是具有防护性能的城郭沟池等防御筑城设施便应运而生。如古代的埃及、罗马、希腊、中国等都相继构筑过城池。在筑城技术上，我们可以从中国城池的演变中，来看祖先们的聪明智慧。中国的城池起源于原始社会向奴隶社会的过渡时期，大约是在夏王朝建立（公元前22世纪）的前后，更早出现的土墉是城池的雏形。早期的城池大多是用夯筑技术构筑的。即先挖城墙基础槽，然后在槽内填土，再用河卵石（稍后是四根木棍绑在一起）为夯具夯筑。有些城墙是采用小板堆筑法的技术构筑的。即以板筑墙为内壁，在内壁外侧再筑斜坡夯土堆，与内壁板筑墙同高，从而提高城墙的高度和坡度。虽然夯筑技术还极为原始，但已懂得挖基础槽，这在工程构筑及建筑学上是一次飞跃。在夏、商、周、春秋的1600多年奴隶制社会中，筑城开始由原始的土墉沟壕、石墙围寨发展为建造王城和都邑。战国时期的墨家学派在《墨子·备城门》等各篇城市防守专论中，对城池形制的结构和守城设备，以及守城部署等都有了新的创见。城墙开始由低、薄变得高、厚、坚固，规模也逐渐扩大，相继出现了羊马墙、马面、埤堄、重楼（重城）、角楼、角台、弩台、瓮城、箭楼、关堡等设施。商代时期的筑城技术，已经广泛运用了板筑技术，并与夯筑法相结合，构成了既高厚陡峻又具有坚固防御能力的城墙。城墙的横断面呈梯形，由主墙和内外护坡两部分组成。主墙以板筑法施工技术构筑，内外护坡以夯筑法施工技术构筑。为增加护坡坡度，夯完后从顶部向下铲削，并在表面铺设一层石块，以防雨水冲刷。夯具由4根木棍绑在一起，发展为成捆圆木紧密固定在一起。周代时期的板筑技术，已采用悬板法施工技术构筑。即以木棍穿过两侧夹板，用绳固定，然后在中间填土夯打，夯实一层后，将夹板升高，另以木棍固定，再填土夯打，

不再以护城坡来支撑和固定夹板。各夯层之间采用笋卯式(夯完一层后,挖基础槽),嵌接紧密,不再筑护城坡。战国时期,火药和热兵器的出现,使攻守城池方式和战术发生了变化。宋朝的陈规在《守城录·守城机要》中,根据积极防御,长期坚守的思想,论述了城防设施的建设,对城池结构设施、使用材料、建筑技术、类型样式等提出了改进措施。到明代,古代筑城技术发展到了鼎盛时期。在建筑材料方面,东晋时期出现了用砖包砌城墙。唐宋时期,一些较大的城池都用砖包砌城墙。明、清时期,用整齐的条石、块石和大城砖包砌城墙已较普遍。明代的城墙,砌砖用的胶结材料已经使用糯米石灰浆,城门起拱用桐油拌合石灰胶结。

城堡是封建领主或国王等的设防宅邸。中国豪强地主修建的坞壁,与西欧的城堡同义。公元 9—15 世纪,从中亚到西欧修建了许多封建主的城堡。城堡通常建于难以接近的河湾或高岗上,周围筑墙,中间是城堡的核心——主楼,上部设有观察、射击室,墙外挖护城河或壕沟。围墙上设有掩护射手的雉堞和射击用的垛口,围墙上和城堡四周建有塔楼和角塔。在城门处设有各道门和闸,重要的城堡还设有瓮城、吊桥等。在城堡内还建有供长期坚守所需要的武器库、粮库和水井,并挖有暗道,供被围困时与外界联络或撤离城堡使用,一些大型的城堡多在外围再筑一道外墙和外壕。在筑城技术上,堡墙由初期的土木结构发展为用砖石砌成。墙高在 10—15 米左右,塔楼和角塔通常高于城墙并突出墙外 2—3 米,以形成制高点。堡内主楼多为圆形和方形,高度 50 米,墙厚 5 米。门板的设计多为木制,外包铁皮。闸门一般为铁所制,沿着石槽上下移动,以开关通道。坞壁与西欧的城堡在形制和作用上基本相似,但通常构筑在平坦的地形上,四周构筑高大的城墙,四隅建有角楼,城门上建有望楼,院中建有 3—5 层的主楼和粮仓、库房及兵房等。有的坞壁凭险构筑,坐落在险峻的山岭、河湾等地形上。15 世纪末,由于火炮威力的增强,城堡已无法抵御强大的炮火攻击,

失去了军事价值，所以城堡一度成为权贵们显赫势力的象征。在建筑设计上愈益趋向豪华与居住舒适，刻意追求城堡的造型艺术，并以华丽的主室、大厅和教堂取代了过去的主楼。

长城是以边疆的城墙为主体，与关隘及其他工程设施所形成的点线结合、绵亘的防御工程体系。历史上最早的边防长墙是公元前约 1991 年—公元前 1786 年埃及中王国时代修筑的东北部边防城墙。公元 1—2 世纪，罗马帝国实行对外扩张的侵略政策，征服了许多领地，为解决边境的军队不足，沿国境线修筑了强固的永备防御工事。如在不列颠北部修筑的哈德良壁垒；在多瑙河下游修筑的图拉真壁垒；在苏格兰低地境内修筑的安东尼壁垒；在莱茵河与多瑙河之间修筑的日耳曼壁垒等，统称“罗马壁垒”。壁垒一般用土石砌成，有些地段还用草皮堆成。罗马壁垒对保护罗马帝国边境起到了一定作用。从公元 5 世纪开始，中国历史上先后有 20 多个诸侯国和封建王朝在具有外来威胁方向的边境地区，运用构筑城池及修建堤防的工程技术，相继构筑、修缮过“长城”。其中规模较大的是秦、汉、明三个朝代修建的长城，全长均超过 5000 公里，世称万里长城。长城筑城体系在形制上是由绵亘的城墙、关隘、烽堠、障碍物等工程设施组织的有机整体。城墙高厚、坚固，城墙上筑有敌台、雉堞等供射击、观察、掩蔽用的工程设施。敌台（又称马面）是在城墙上每隔一定距离建筑的与城墙同高、凸出于城墙外的平台，用于侧射接近墙根的敌人。关隘包括关城和外围关堡。关城通常建于险要的隘口、峡谷等处，是战斗、指挥的中心。关堡是在关城外围为加大关隘的防御能力而构筑的前哨城堡。烽堠是用来了望敌情、传递消息的工程设施。障碍物通常有矮墙、壕沟、崖壁、陷马坑等，常构筑在险要地段的外围。在筑城技术上，春秋战国时期多以土石为主，以板筑土垣或垒砌石墙，墙高 3—4 米。在西北沙漠地区以红柳、芦苇与沙土分层叠压构筑。在山地多以块石垒砌，或以土石填夹中间，两侧以块石包砌构筑。在平原地区

或沿水傍河时,通常先植两排木桩,中间填加土石构筑。秦始皇统一六国后,为了加强对匈奴的防御,对原来燕、赵和秦国的长城加以增筑和修葺,使之连成一体,构成西起临洮(今甘肃岷县),东迄辽东,长达5000公里的长城。汉朝建立后,除修缮长城旧筑外,还在阴山以北修筑了一道外长城,增设了城障,并将秦长城向西延伸至盐泽(今新疆罗布泊)。与前代所筑长城相比,建筑布局更加合理,工程设施更加齐全,更适于防守。城墙与壕堑的结合比以前有了较大的改进。重要地段上增筑了敌台,构筑了外壕、外墙和内壕、内墙,从而增加了防御层次,增大了防御纵深,使防御更具有坚韧性。这个时期的施工技术也有了发展,城墙的砌筑广泛应用了单面或双面包砖,砖缝采用了石灰浆勾缝技术。在特殊地段上则利用山崖建雉堞,或劈山成壁作城墙。长城这种据险制塞、建关筑墙、关堡相连、墩台林立、烽堠相望、层层布防、绵亘万里的筑城技术,在中国古代战争中发挥了重要的作用,其工程规模、工程技术运用、工程与地形结合、工事与障碍物结合等,都在当时具有很高的水平,在中国和世界古代筑城发展史上占有重要的位置。

二、筑路与架桥技术

筑路技术早在古代战争中就已出现,并随着战争与工程技术的发展而发展。世界上第一次用石块和砖(若干地段甚至还用沥青)铺设的道路,是从亚述开始的。公元前1115年—公元前1077年,亚述人修筑了库穆克大道。公元前1057年,中国的西周王朝为了密切与诸候的联系,确保王都与各诸候国都之间的交通畅通,以便机动军队、传递军情,以王都为中心构筑了多条以军用为主的道路,即“周道”。据古文献记载,“周道”有以下三个特点:一是路面平、路身直。《诗·小雅·大东》说:“周道如砥,其直如矢”,形容它像磨刀石一样平坦和牢固,像箭杆一样挺直。二是路幅较宽,四马战车可以通行无阻。《诗·小雅·四牡》说:“四牡骓骓(速驰不停),周道倭迟(遥远之貌)”。三是路两侧种有树木,起遮荫、标识、障碍

的作用。公元前312年,古罗马鼎盛时期,以罗马为中心,在其统辖地区修筑了372条,总长达12万公里的道路。其中,曾闻名于世的阿庇乌大道以块石、石灰结碎石等分层铺砌而成,路基宽11米,道路中央供军队行军之用,比两侧略高一些,是现代路面的雏形。公元前218年,迦太基军事统帅汉尼拔率部向意大利进军,在阿尔卑斯山用火焚烧岩石,再用水、醋浇泼灭火,使岩石脆化,然后以重锤打击,开辟出一条行军道路,保障军队通过山岭,后人称之为"汉尼拔通道"。中国的秦始皇统一六国后,为了有效地保卫国防和统治地区,动用了大量劳力,修筑了"驰道"。驰道的路基高而且坚实,路幅宽约67米,路旁每隔8米植松树一棵。初建时,驰道主要供帝王出巡的马车用。后来在同匈奴的战争中,用于保障军队的作战行动。汉代以后,都城中也大多修建了驰道,用于守城部队的调遣和机动。公元前212年,秦始皇命蒙恬修建了从咸阳以北的云阳(今陕西淳化县西北)直达九原(今内蒙古包头西北)的"直道"。道路全长约700公里,路幅宽13—60米,路基高1—1.5米,能供车、步、骑组成的大军团顺利、迅速地通行。整个道路的走向尽量取直线,"堑山堙谷,直通之"。一半修筑在山岭上,一半修筑在平原草地上,有些地段是用红沙岩土填筑,工程艰巨浩大。直道的建成,配合当时的长城,巩固了秦代北部边防。公元前203年,刘邦与项羽统兵在成皋之战中,在荥阳至敖仓间修筑了"甬路",在汉军坚持成皋阵地战中起了重要的作用。甬道是中国古代战争中临战或战时构筑的军用道路,路两侧筑有土墙,以掩护军队机动和粮秣物质的运输。土墙上每隔一定距离设有了望孔,以便观察墙外情况。战国时期秦国曾修建了褒斜"栈道"(陕西褒城褒谷至眉县斜谷,长190公里)和南栈道(四川剑门至陕西勉县西南金堆铺,长200公里)。栈道是在峭壁陡崖上凿孔搭架连阁而修建成的一种山地军用道路,是中国古代军用道路的一大创造。公元879年,黄巢领导的农民起义军为保障军队由浙江向福建进军,沿

途克服层峦叠嶂和悬崖峭壁等障碍，开筑了一条长约 370 公里的军用道路。

架桥技术是自古以来各国军队都重视和运用的技术。在古代，有用舟支承桥桁和桥板构成桥面组成的浮桥，也有用木材、石料架设的固定桥，以渡越江河和海湾。公元前 690 年，中国的楚武王伐随时曾在今湖北随县附近的溠水上架设过桥梁。公元前 257 年，秦国在兼并韩、魏等国的战争中，在蒲坂（今山西永济县西）附近的黄河上架设了浦津浮桥。公元 35 年，蜀将任满、田戎在今宜昌附近的长江上，为阻止东汉军入蜀，架起长江上第一座浮桥。公元 274 年，中国晋朝大将杜预在孟津附近的黄河上建造了河阳浮桥。公元 947 年，北宋灭南唐时，在今安徽当涂县采石矶的长江上，以竹木为结构，造桥三节，以大船为桥基，顺水下放架设成浮桥。13 世纪，蒙古军在灭宋、金的战争中，曾多次在黄河、长江上架设浮桥。公元前 11 世纪亚述人在幼发拉底河上曾建造过石桥，至今还有石桥桥墩的遗址。公元前 481 年，在希波战争中，波斯军队曾各用 360 艘和 314 艘木舟支承，舟首和舟尾沿水流方向锚锭的方法，在达达尼尔海峡架设了长 1260 米的两座浮桥。公元前 1 世纪，罗马帝王恺撒指挥的军队在莱茵河上架设木桥时，在水里斜打木桩作桥柱，形成梯形的两个侧面，减轻了河水的冲力。公元 4 世纪，罗马军队用兽皮蒙在柳条骨架上制成的船结构成浮桥，顺利地渡过了底格里斯河、幼发拉底河和其它河流。此外，还有利用辘轳、滑轮等机械架设用于防御的吊桥，用于进攻战的壕桥、折叠桥、飞桥等。早期的浮桥没有河中锚锭设施，只靠岸边固定。在水流的作用下浮桥向下流方向弯曲成弧状，后来人们为了增大浮桥的稳定性，在河中增加锚锭设施。据《晋书》记载，公元 302 年，就有了以木笼装石块做成的石笼锚（当时称“石鳖”），用以锚锭浮桥。公元 724 年，为增加浮桥的稳定性，已改用铁链系留浮桥，两岸用 36 根铁柱、8 只各重数万斤的铁牛和 4 座“铁山”进行固定。

三、古代的营寨及简易工事

营垒是军队在行军、作战中用于野外宿营，或围困敌人并企图与敌作长时间对峙，在宿营地周围构筑的环形防御工事。有时也在城外预期敌人可能的进攻方向上构筑环形阵地，以加大防御纵深，提高防御的韧性。它是人们在长期的城市攻防作战中，将城池筑城技术应用到野战中的一种筑城形式。中国古代的野战营垒多为环形工事，外筑一道壕沟。有时也用战车组成车垒。在筑城技术上，这种工事多仿效城池构筑，只不过没有敌楼等城上设施，是以一圈土石结构的垒墙为主体，在外围构筑壕沟，设置陷马坑、拒马、蒺藜等障碍物。通常是挖壕的同时，积土为垒，不用夯筑。如遇地形条件或时间因素不能筑垒时，也常用木栅、战车、拒马枪等首尾相接，以盾牌立于车舆（厢）代替城堞，构成环形或线形的木营、立枪营、拒马营等。在营地的选择上，通常是选在"左有草泽，右有流泉，背山险，向平易，通达樵采，牧饮相近之地"，以利于警卫、防守和便于人、马生活。同时要注意避开山的顶部或四周水泽的高地以及孤立无险的高地，以防围困、断绝水源、粮源。避开低洼之处，以防水淹。避开在河川山谷要冲之口及柴干草深之处，以防风口及深草带来的火攻。亚述人的野战营垒虽说是临时性的，但也很坚固。在尼尼微的辛那赫里布王宫中保存有一幅完整的营垒的浮雕画面。从这幅画面来看，营垒的外缘呈椭圆形，围墙下部为砖砌，上部筑有栅栏，围墙内布局合理，设计巧妙。罗马人的野战营垒是按一定图式及地形建造的，初为正方形，后改为长方形，四周构筑土墙和壕沟，壕沟常常有两道，土墙高达 3.5 米，墙上架设有木栅，营垒大门口两侧筑有木制塔楼。建造营垒时，不是单独修筑，而是修筑许多个，形成可攻、可守的战斗保垒。西哥特游牧人只是简单地把车辆布置成圆形。埃及人的野战营垒呈正方形或平行四边形，外围筑有壕沟。斯巴达人的野战营垒通常设置在小丘上，在平原时多为圆形，筑围墙和壕沟。

第六节　古代的军事后勤保障技术

军事后勤是运筹和运用人力、物力和财力，从物资、技术、医疗和运输等方面保障军队建设和作战需要的各项专业勤务的统称。把军事后勤作为一门学科，是20世纪的事情。但是，军事后勤的历史与军事战争的历史一样漫长。古代军事后勤保障技术的主要内容大致包括粮草保障技术、病创治疗技术和军用牲畜的使用与驯养。

一、粮草保障技术

古代军队物资保障的主要内容是粮草保障。古代的军事活动中，人们所能凭籍的动力主要是自然力（包括人的体力、畜力、物体变形所产生的弹力和风力等），所能使用的器械主要是各式各样的冷兵器和各种各样的手工工具。这种状况决定了古代军事活动中的物资保障的主要内容是粮草保障。古代军事家对粮草保障的重要性有着充分的认识，《孙子》军事篇中曾指出："军无辎重则亡，无粮食则亡，无委积则亡"。在古代战争中，不乏因粮草保障不力而失败的事例。波斯国王刚比西斯向埃西欧匹亚远征，不备军粮，至非洲的沙漠地带时，因无粮而放弃远征，返回底比斯。密提林人因粮食吃完而向雅典人投降。雅典远征军因饥饿而退却，归后全军覆没。这些都说明，古代军队的粮草保障处于极其重要的特殊地位。

粮草的筹措。粮草是一种极为特殊的物资，必须经过自然力的作用才能生成，而且直接存贮于民间，这就使得军用粮草的筹措有它独特的地方。古代军用粮草的筹措，大体上采取如下一些方法：一是军士自备。这是较早采取的一种方法，它与古代兵制有着直接的联系。总的说来，各个民族的兵制都经历了一个由公民兵

到常备兵的发展过程，在公民兵制度下，公民只在战争需要时服兵役，一旦战争结束则解甲归田，士兵出征时，不仅武装自备，而且粮草自备。二是国家征收。即在国家机构中设立专职部门通过税赋的方式向民间征收，这是伴随着常备军出现以后而形成的一种主要方法。三是采取屯田戍边的方法。随着国家疆域的扩大，对边防部队的粮草供应在当时的条件下日趋困难，同时当战事连年不断的时候，民间可征收的粮草日趋枯竭。在这种情况下，屯田戍边的方法被经常采用，如中国的汉武帝曾从上郡、朔方到河西一带置屯田戍卒 60 万人，罗马帝国也曾采用过类似的方法。除了上述主要的粮草筹措方法外，还曾出现过其他的辅助方法。公元前 5 世纪后半期，希腊曾采用薪金制度，给养由士兵向集市购得。还有一些军队采取"因粮于敌"或在占领区进行掠夺的方法。罗马在第三次布匿战争时期，因缺乏粮食曾动用上万人的军队进行掠夺。在欧洲中世纪掠夺成为一种经常的方法。

粮草的贮存。古代粮草贮存的基本方法是建立粮库、草场。在中国的甲骨文中就有了关于仓库的记载。如"令吴省亩"，"唯支人令省才南亩"等。这里的"亩"就是粮库。商王经常派武将和族长去粮库巡视。随着军用牲畜的广泛使用，军用草料场开始出现。军用粮库和草料场要解决防火、防水和其它安全问题，除了由专人看守管理之外还经常派人去巡察。中世纪朝鲜高丽王朝时代后勤设施主要是贮存粮谷的仓库。各仓库为高廪，状如圆屋。其制是"下筑土基，其高数尺，织草为苫，中积米谷一石，积而置之，其高数丈，出于牖外，上复以草盖之，以蔽风雨"。这种造仓方法有利通风，"虽数岁而米亦新"，每一仓群外修墙垣防护。李朝时代，曾采取"粜籴之法"，即每年春季民众青黄不接时将库存兵粮支出一半，贷给民众，秋收交租税时加息十分之一，外加损耗归还原库。兵粮出库时，先陈后新，由此保证军仓之粮常新。中世纪的西欧诸国，到了君主专制时期，都十分重视兵粮马秣的储备。在君主国的

首都，在封建割据国家诸侯国的首府，在城市共和国的中心城都设有粮秣库，除宫廷消费外，主要供应禁卫军和首都驻军使用。此外，在派有驻军的城市、军用港口和国内军事交通线上的若干堡垒、要塞、宫城、王室城堡都设有保存粮食和食品的仓库。仓库所用空场、房间面积大小不一，较大的城堡可储千人两年用粮。像牛津古堡、伦敦塔，其地下室主要用做食品储藏室。16世纪时的城堡建筑，在内墙之内多为四面形或多边形的建筑群，中间的空场一般用来建粮库或将装粮食的麻袋堆放在一起，上覆防雨布以成简易粮仓。

粮草的运输。早期的军事活动的地域范围比较狭小，持续的时间比较短暂，士兵所需粮食由士兵随身携带，其数量为能满足3—5天的需要为限。有了军用牲畜以后，部分粮草的运输任务由畜力来承担，所谓人背畜驮。但随着军事活动地域范围的扩大，作战时间的延长，人背畜驮已经不能满足战争的需要，于是舟楫车挽的方式逐步发展起来。作为水路主要运输工具——船的发明历史相当悠久。船的前身是木筏。稍后，人们在制造了独木舟后创造出了橹。中国在商代已造出有舱的木板船。在整个古代，中国的造船业一直相当发达。到了隋朝，开凿了举世闻名的大运河。一段时间，运河中运送军用物资的船只首尾相连千里。中国以外，以船为运输军事物资工具较为早的是新王国时期的埃及，当时运输帆船的外形已经比较巨大，共有船员41名，其中已有舵手、划桨手和掌帆手。到了中世纪，十字军使用的运输船队已经十分庞大，而且有了专门载运马匹的船。这种船在船尾水线下设有一扇供马匹上下船的门。古代的军用运输船与民用运输船相比，虽然有一些独特的技术问题需要解决，但总体区别不甚明显，多为木质结构，形体日趋增大，主要靠桨、橹和风帆来解决动力问题，在把握航向上已经知道发挥舵的作用。作为陆路重要运输工具——车的发明历史也相当悠久。5000年前，埃及人发明了轮子，并制成了木车。

在中国黄帝时代已经有了牛车。古代车辆当中，最关键的技术当属轮子的制作与使用，动力主要靠人力和畜力来解决。车辆的出现，大大解决了陆地运输的省时省力问题，很快就被运用到军事物资运输当中。新王国时期的埃及从第18王朝开始就采用了用牛牵引的辎重车。车辆作为运输粮草工具的比较著名的事件大概要算中国三国时代诸葛亮研制的木牛、流马。西方运用车辆作为运输工具的历史虽然较早，但在制作技术手段上，进步比较缓慢，一直到16世纪，笨重的圆盘轮才为轻巧的辐条轮所淘汰。

二、病创治疗技术

人类早就对自身的疾病现象进行了探索，并不断寻找治疗疾病和各种创伤的方法。古代埃及人已经认识到了心脏和血液循环的关系，详细描述了许多疾病症状，并在制作木乃伊的过程中，增长了解剖知识，促进了外科手术的发展。罗马医学家盖仑用动物作实验，考察心脏功能，发展了解剖学，他已经认识到人体有消化、呼吸和神经等系统，并试图解释这些系统的功能。古代中国的医学理论自成体系，形成了阴阳、脏腑、经络学说，提出了辩证论治的理论。春秋战国时期的名医扁鹊（公元前401年—公元前310年）采用望、闻、问、切“四诊法”诊断疾病。成书于公元前3世纪左右的《内经》记载了311种疾病和许多解剖学知识，东汉的张仲景（约公元150—219年）在《伤寒杂病论》中把诊断辨病原则与治疗各种病症的方剂和药物结合起来，提出了理（辨证理论）、法（治疗原则）、方（处方）、药（用药）的辨证施治原则，使医学理论与医疗实践结合起来，为临床医学打下了坚实基础。与此同时，与医学相联系的药学也获得了极大的发展，成书于汉朝的《神农本草经》记载了365种药物。公元659年编成的《新修本草》收药844种。隋末唐初的孙思邈（公元581—682年）著《千金要方》和《千金翼方》等书，汇中医药方之大成。中医中的外科学当时达到了相当高的水平。东汉和三国时期的华佗（约公元141—208年）是世界上最早用麻

醉药做外科大手术的人，据史书记载，他可以做胃肠缝合一类的腹腔外科手术，术后在伤口上敷上药膏，过4—5天能够愈合，1个月左右就可以康复。明朝李时珍（公元1518—1593年）著《本草纲目》，收药1892种、药方11096个，汇集了丰富的中医治病经验，极大地提高了中医药学水平。

古代前期的医疗水平总的来说比较低下，但在军事活动中，医疗保障是必须重视和加以解决的问题，因为军队在运动中必然会遇到卫生防疫问题，军队在战斗中，必然有伤亡问题。在古代印度的军队中已经有了专门的随军医疗队。医疗队中不仅有能够进行手术的外科医生，而且有看护伤兵的女护士。医生携带外科手术器械（解剖刀等）、其他医药设备、药品、油、绷带或纱布等。护士安排伤员的食物和饮水。古罗马共和时代已经有了军队医疗机构，高级官员还有私人医生。据记载，伤员擦洗伤口用葡萄酒。不仅罗马使用这种办法，加太基的名将汉尼拔也用葡萄酒擦洗过牲畜的疮痂。

随着战争规模的日益扩大、兵器种类的日益增多和杀伤力日益增大，战争中伤病员日益大量涌现。在长期医疗实践经验和艰难的理论研究的基础上，“金创”医疗技术有了一定的发展。所谓“金创”就是金属武器所致的伤，诸如刀伤、枪伤、剑伤和箭伤等。中国明朝时期，金创救治进一步专门化，出现了治疗战伤的专家和不同的学派。其时，医生们能切开肌肉取出箭头，能使刀伤、箭伤昏厥的人立即苏醒。名医杨清叟已能用绳带对战伤止血。此法比以药止血进了一步。西方中世纪晚期，法国人巴雷对创伤外科学作出了重要贡献。当时西方治疗枪伤的唯一办法是用烧红的烙铁或灼热的沸油直接对伤口烧灼，巴雷作为随军理发师也负责治疗战伤。公元1536年，巴雷在实践经验的基础上，试用新疗法，他把煮熟的鸡蛋黄、玫瑰油和松节油充分调和，制成淡黄色的油膏，轻抹在清洗的枪伤创口上，后用干净的软布包扎，此法获得彻底成

功。巴雷后来还发明了结扎止血法。日本战国时代的外科医学中出现了“金创”医派，其医疗法简言之就是服用止血药，洗涤伤口，必要时缝合，涂上药膏，骨折接骨，肠脱送回腹内等等。总的来看，古代虽然有了军队医疗保障，但医学理论不够系统，技术水平比较低下，机构的设置尚没有制度化，医护人员的数量远远不能满足需要。

三、军用牲畜的使用与驯养

在古代军事活动中，军用牲畜有着重要的用途。古代由于人力的生理局限，设法借助于外力是很自然的事。在当时的情况下，利用得最多最广的该算是畜力。所以军用牲畜的驯养自然成了古代军事后勤保障的一项重要内容。古代军事活动中，可利用的牲畜是多种类的，牲畜在军事活动中的用途也是多方面的。从可利用的牲畜种类来看，作用最广泛的是马。东方的一些游牧民族在军事活动中，首先使用了马，然后在亚非诸国中，马的使用逐步普及起来，古代希腊、罗马使用马的时间比较晚，使用的范围也比较有限。到中世纪以后，对马的使用比较普遍起来。除了马之外，使用得比较广泛的是牛、驴、骡等。牛的使用历史比较早，最早的座车和战车是由牛牵引的。牛的使用时间持续得也比较长，从中国三国时代的诸葛亮研究木牛、流马就可以看出，那时牛的使用还很重要，驴和骡的使用也比较普遍，一直到拿破仑远征埃及时，军队中还有驴子驮队。古代印度和波斯帝国在军事活动中还使用过大象和骆驼。各种牲畜的军事用途十分广泛，主要从以下几个方面进行使用。一是直接运用于战斗。古代早期，战车的使用十分普遍，而战车主要首先是用牛，然后是用马来牵引的。利用畜力牵引在力量的大小、时间的久暂和速度的快慢上，都优越于利用人力牵引。在骑兵队伍中，牲畜主要被用来作为战斗座骑，古代利用牲畜作为战斗座骑的优越性很大，牲畜本身具有很大的冲击力和践踏力，有些牲畜的奔跑速度相当快，可以起到突击的效果。此外，士

兵骑于牲畜之上，居高临下，便于保存自己，消灭敌人。作为座骑的主要是马，也有大象和骆驼。当马鞍、马镫和马掌被逐步使用后，骑兵的优越性更加显露出来。此外，牲畜还被直接运用于战场厮杀。在一定条件下，战斗一方直接使用动物群向敌方冲击。二是作为运输的驮力。古代的陆路运输在很大程度上依赖于畜力。在方式上或者是直接用牲畜驮运，或者配以车辆拉运。虽然拉运的载重量大，但由于战斗时的地形是极其复杂的，因而驮运是不能被完全取代的。在拉运方式上，除了车辆的改进外(例如车轮、车厢、车辕等)，牵引方式的改进也相当重要，古代人能够使数头牲畜并驾齐驱(中国古代的所谓“骖”和“驷”等)。15世纪以后的欧洲，曾将原来套在马脖子上的马具改套在马的前身，从而使马的拉力提高了3.6倍。三是作为通信工具。古代的通信方式相当简易。在当时条件下，提高通信速度的有效方式是利用马匹作为座骑进行通信。在亚述驿道基础上发展起来的波斯驿道，每20公里设一驿站，就是利用驿骑来传递国王命令的。中国秦汉时期的驿道制度已经非常健全，也是利用驿骑来进行通信的。

军用牲畜在战争中和军事中的重要作用，使得古代各国军队都十分重视牲畜的驯养。牲畜的驯养技术首先形成于民间，在此基础上才有了军用牲畜的驯养。早期的军用牲畜直接取之于民间，即使到了后期，牲畜还常常从民间征收，例如中国在后赵石虎称帝后，为侵东晋，一次征发数10万人，被征者需备牛2头。但从民间征收有时不能完全解决军事需要，这就必须要进行军用牲畜的驯养。军用牲畜的驯养(主要是马匹)主要解决数量和用途的问题。古代人们在军用牲畜的驯养方面比较早地建立了军用牧马场。这项工作开展得比较早的当属波斯帝国。据希罗多德记载，巴比伦有一个波斯养马场，在这里的一个统治者的马厩里除军马外，还有800匹种马，1.6万匹牝马，可见规模是巨大的。到了中世纪，军用牧马场已十分普遍。牧马场大多采用火烧法使牧草增

生，每年5月以后，从牧场一面开始逐渐放火焚烧，到牧草遍生为止。在马匹的繁殖上，采取4岁以前单放不交配，至5岁开始征课新马驹，这无疑是促使马种良化的一个措施。在马匹的饲养上，已经在一个牧马场内将战马、驿马、驮马分群饲养，根据不同的种类给以不同的饲料标准和进行训练。杂交技术已经开始使用。已有专用药物治疗马病。中世纪阿拉伯的牧马场已经使用了给马驹断奶的方法。所有这些技术措施，对改良马类品种，培养不同种类的用马都起到了积极的作用。

第三章　近代军事科技发展的历史条件

近代军事科技及其发展，是古代军事科技发展的直接继续，同时与近代的科学技术革命、战争发展的需要、军事理论的导向和军事经济的产生发展等历史条件有密切的关系。

第一节　近代军事科技与近代科学技术

近代一般科学技术进步是近代军事科技发展的重要历史条件。历史表明，近代自然科学的发展，既推动了枪炮等军事技术原理的研究，又导致了 18 世纪从英国开始继而席卷欧洲的产业革命。近代自然科学的发展，蒸汽机和内燃机的发明，冶金、化学、机械制造和电子等工业的发展，为近代军事科技的发展奠定了理论基础和物质技术基础。

一、近代的自然科学和技术革命

近代以来，理论自然科学发生了三次革命。从 15 世纪后半叶到 17 世纪，在欧洲文艺复兴运动的推动下，出现第一次科学革命。所谓欧洲文艺复兴运动，是以意大利为中心的欧洲新兴资产阶级继承、借鉴和利用古希腊、古罗马的古典科学文化，在意识形态领域对封建主义和宗教神学发动的一场革命。文艺复兴运动使欧洲特别是意大利的科学文化出现了前所未有的繁荣时期，产生出一大批多才多艺的伟大的科学家。在历史上有详细记载又为人们熟知的，有意大利的科学家、工程师达·芬奇、波兰的天文学家哥白尼、意大利的物理学家伽里略。他们是古希腊科学文化成就的继承和发展者，是欧洲科学的奠基人，又是近代科学的创始人。第一

次科学革命以哥白尼的"日心说"作为"宣言书",经过开普勒、伽利略等人的开创性研究,特别是伽利略在实验科学方面的大胆探索,得到了许多重要发现,最后牛顿完成了经典力学体系。第一次科学革命使理论自然科学从哲学的母体中脱颖而出,从而取得了独立的地位,真正有系统的实验科学得以诞生并迅速发展,一系列知识门类应运而生,先后建立了天文学、数学、力学和医学的基础,在中世纪的黑暗之后自然科学以神奇的速度发展起来。正如恩格斯所指出的,15 世纪下半叶出现的社会变革,"这是地球上从来没有经历过的最伟大的一次革命。自然科学也就在这一场革命中诞生和形成起来"。(《自然辩证法》,人民出版社 1971 年版,第 172 页)19 世纪发生了第二次科学革命。在这次革命中,天文学上出现了康德和拉普拉斯的星云假说,地质学上出现了赖尔的地质渐变论,物理学上出现了迈尔等人的能量守恒和转化定律,化学上出现了道尔顿的原子论和门捷列夫的元素周期律,生物学上出现了施莱顿、施旺的的细胞学说和达尔文的生物进化论。第二次科学革命在众多的学科中产生出一系列重大成果,进一步揭示了自然界普遍联系与普遍发展的规律。自然科学由运用观察、实验、解剖等经验方法收集材料的阶段,进入到对所获得的经验材料进行综合整理并从理论上加以概括和说明的阶段。恩格斯说:"事实上,直到上一世纪(注:指 18 世纪)末,自然科学主要是搜集材料的科学,关于既成事物的科学,但是在本世纪,自然科学本质上是整理材料的科学,关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学。"(《马克思恩格斯选集》第 4 卷,人民出版社 1972 年版,第 241 页)19 世纪末 20 世纪初发生了第三次科学革命。这次革命是以爱因斯坦相对论和量子力学等新理论为代表的一次革命。在这次科学革命中,不仅爱因斯坦的相对论、量子力学相继建立起来,而且天文学、化学、生物学、地学等各个领域都有了长足进展。这次革命还扬弃了机械论的自然

观和世界观，建立了以相对论、量子力学为基础的自然观和世界观，使人们由过去牛顿的三维观念转变到爱因斯坦的统一的四维时空连续观。科学的发展带来了技术上的一系列变革。

在理论自然科学飞速发展的同时，近代技术也获得了迅速发展。在人类发展史上，已经发生过多次技术革命。每次技术革命不仅推动了科学技术的发展，而且推动了经济和社会其他各个方面的发展。在一定意义上可以说，人类文明的发展史，实际上也是一部技术发展史，是技术革命迭次更替的历史。在世界近代史上，18世纪发源于英国的产业革命，引发了世界史上人类使用铁器后的第一次技术革命。这次技术革命的主要标志，是蒸汽机的发明和广泛应用。在此之前，人们都是用手摇纺车纺棉花，其效率之低是可想而知的。而蒸汽机的发明和运用，第一次用机器代替了人的体力劳动，大大提高了劳动生产率。除了纺织业外，蒸汽机又相继运用于冶金、化工、钢铁、交通运输等等许多行业，极大地促进了社会生产力的发展，在人类发展史上开辟了一个崭新的经济时代——蒸汽力时代。到19世纪30年代至40年代，英国已基本上完成了产业革命，随后美、法、德、日、俄等国也于19世纪内开始并完成了产业革命。第一次技术革命的成果是从18世纪60年代至19世纪中叶，资产阶级在不到100年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切时代创造的全部生产力还要多、还要大。恩格斯指出："自从蒸汽和新的工具机把旧的工场手工业变成大工业以后，在资产阶级领导下造成的生产力，就以前所未闻的速度和前所未闻的规模发展起来了。"(《马克思恩格斯选集》第3卷，人民出版社1972年5月版，第308页)继第一次技术革命之后，19世纪70年代发生了第二次技术革命。这次技术革命的主要标志，是电、磁研究上的突破和电力的广泛运用。电和磁是很久以前就被人们发现了的自然现象，但一直不知道两者之间有什么关系。后来人们发现，电流可以使磁针偏转。由此，人们才认识到电和磁之间不再是

各不相关的，而是相互之间有一定的内在联系。1831年英国科学家法拉弟吸取了奥斯忒的研究成果并通过自己的实验发现，磁铁同导线相对运动时，导体中就有电流产生。由此，法拉弟提出了电磁场假说，这样就把电、磁现象统一起来研究了。电磁场理论的提出，导致了电机的出现。电机所运用的正是电磁感应定律，运用旋转着的磁铁在导线中感应出电流来，产生电力。这就为人类提供了一种新的能——电能。随着电磁波的发现，无线电技术也迅速发展起来。这样，电力不仅是一利动力，也开始用于照明和通讯。可以说，电力的广泛应用，在继蒸汽时代之后又开辟了一个新的经济时代——电力时代。而这一时代的出现，就把人类的文明时代大大向前推进了一步。

二、近代冶金技术的发展

军事技术的发展与冶金技术的发展关系很大。冶金技术直接关系到武器装备的制造和质量。早在古代人们就发明、掌握了一些冶金技术，并建立了冶金手工业，但冶金业的大发展则主要是近代以来的事。近代的两次技术革命，使冶金技术在冶金业的大发展中有了重要进展。金属性能的提高，新型材料的出现，为军事科技的发展提供了技术手段与材料保证。

首先是选矿技术的改进。早期冶炼用的矿石是用人工手选的，凭颜色和比重的不同选出富矿，品位低的矿石则随脉石抛弃，矿物损失很大。重力选矿一直沿用了很久，采用的淘洗法比较原始。这种方法是将采出的矿石磨细，利用矿物和脉石的比重不同，在水中反复淘洗，将脉石漂出，从而使矿物得到富集。比重相差越大，选矿效果越好。近代以来，在选矿设备上作了不少改进。1830年皮西里克发明了跳汰机。这是一种固定的筛网，将磨细的矿石和水从上面连续加入，网下的水呈脉冲式地鼓入，将矿石托起，脉石较轻，位于上面，被水带走。1850年德国立廷哥发明了摇床，往返摇动，矿浆从上端加入，经过反复振动和冲刷，矿物按比重不同

而互相分开。1889年威尔弗利又在摇床上面增设了许多细木条,使选别的效果更好。同时,还发明了不少新式的碎石机和磨矿机,如粗碎用的颚式破碎机(1858年)和圆推破碎机(1881年),中碎用的对辊机(1874年)和圆磨,细碎用的桶式粉碎机(1880年)、球磨机(1885年)和棒机(本世纪初)等。重力选矿法虽经不少改进,但仍有不足,如对不少矿物的选别效果差,选矿回收率低。1902年,意大利费罗曼特发现汽泡对精矿的漂浮作用。同年,波特利用稀硫酸和矿石在加热时产生汽泡的办法使硫化矿浮起,后来得尔卡拉特用硫酸钠溶液代替硫酸进行生产,这就是波特一得尔卡拉特浮选法。这种选矿法大大提高了矿物的利用率,使很多原来不能利用的矿得到了充分利用。以后,又发明了磁力选矿和静电选矿,进一步提高了某些矿物选别的效果。磁力选矿是利用磁铁矿、锌铁矿、钛铁矿等具有较高磁化率的金属矿物易被磁铁吸引的性质,把矿物和脉石分开。静电选矿,是利用各种矿物的导电率不同来进行分离。

其次是冶铁技术的发展。15世纪至19世纪,中国的冶铁技术止步不前,而欧洲却有了较大的发展。在近代以前,欧洲长期使用比较原始的块炼铁技术。这种技术是将铁矿石在较低温度下(约1000摄氏度)用木炭还原。因铁矿石未经熔化,渣仍混杂在其中,结构疏松,需要再加热锻打,使质地致密,并将渣尽可能挤出去。直到14世纪初,欧洲才开始应用竖炉技术冶炼生铁。竖炉比小型块炼铁炉需要更强的鼓风,到1408年和1440年,英国和意大利用水力鼓风解决了这个问题。到了17世纪后半叶,治金发达的英国首先面临燃料(木炭)缺乏的严重困难。由于长期伐木烧炭,森林资源逐步耗尽,因此必须寻求其他更好的燃料。到1709年,英国的达比在这方面迈出了革命性的一步,他先把煤烧成焦炭,然后用焦炭炼铁。这样就解决了燃料缺乏问题,而且焦炭质地坚硬,可以承受较大压力,使炼铁炉能够加高、增大,从而大幅度增加产

量。到19世纪时，欧洲开始用热风冶炼，这是冶铁技术上的又一重大革新。1828年，英国工程师尼尔森发明了加热炉，使空气预热到90摄氏度，用这种热风炼铁不仅使燃料耗费降低了一半，而且使生铁产量增加了一倍。1857年，考珀发明的空气预热装置用于炼铁炉，温度提高到600摄氏度，使生铁冶炼水平得到了进一步提高。

第三是炼钢技术的发展。18世纪以前，欧洲炼钢采用的是块炼铁渗碳炼钢法。到18世纪30年代仍主要采用这种方法。此法是将块炼铁在炭火中长时间加热，使表面渗碳，内部则仍为低炭的熟铁，然后再通过加热使碳逐渐扩散，并经折叠锻打，成为渗碳钢。这种钢存在着含碳不均匀的分层现象，并且含有较多的杂质，硬度也不足，这些都影响机械性能，必须通过改进炼钢技术来解决。到1740年，英国的亨茨曼在多年试验的基础上，终于发明了坩埚炼钢法，从而使钢产量得到很大提高。19世纪中叶以后，欧洲钢的生产开始大发展。1856年，贝塞麦发明了转炉吹炼法，大大缩短了炼钢时间。1867年西门子又发明了平炉炼钢法，不仅能生产优质钢，而且能利用大量废钢。这两种方法打下了现代化炼钢的基础，使人类进入了钢的时代。

第四是其他冶金技术的发展。进入20世纪后，铝、镁、钛、稀土元素等冶金业都兴起来了，世界有色金属冶炼技术有了进一步发展。新出现的冶炼技术，如高温、真空法，能在高温和真空的条件下使金属和它的化合物分离，从而使金属脱气、升华、精炼。又如羧化法和热分解法，能通过加热分解羧化金属得到纯金属。再如物理的提纯法，运用“区域熔炼法”可使铝的纯度达到99.9995%，使单晶锗在10亿个锗原子中只剩下一个杂质原子。

三、电子技术的诞生与发展

随着电磁波理论的发展和应用，有线与无线电通讯、广播、电视、电子计算机等电子技术在近代陆续问世和迅速发展起来，并在

军事领域得到广泛应用，其中雷达技术本身就是适应战争的需要而产生和发展起来的。

第一，有线与无线电通讯技术。奥斯忒、法拉弟等人发现了电磁感应现象以后，人们开始了以电为媒介的通讯试验。美国的莫尔斯于1837年发明并建成了电报线路，美国的贝尔于1876年发明了电话，使有线通讯进入到实用阶段。赫兹的实验则架起了一座从“有线”通向“无线”的桥梁。1895年，意大利马可尼在赫兹实验的基础上成功地进行了2.5公里距离的无线电报传送实验。1896年，俄国的波波夫也独立进行了约250米距离的类似试验。此后数年，马可尼在英国进行了一系列卓有成效的工作，使得无线电报传送的距离不断延伸。1899年，跨越英吉利海峡的试验成功；1901年，跨越大西洋的3200公里距离的试验成功。马可尼以其在无线电报的发展以及由此开创无线电通信事业上的成就，获得了1909年的诺贝尔物理学奖。无线电通讯的出现，是人类利用电磁波的巨大成就，电子科学从此开始了一个研究和利用电磁波的时期。

第二，广播和电视技术。1906年，美国弗森登进行了一项很有意义的实验，他用50千赫频率发电机作发射机，用微音器直接串入天线实现调制，首次使大西洋航船上的报务员听到了他从波士顿播出的音乐。这是无线电广播发明的先声。1916年，美国萨诺夫最先提出向公众进行无线电广播的设想，但因爆发了第一次世界大战而未能实现。1919年，第一个定时播发语言和音乐的无线电广播电台在英国建成。次年，又一座无线电广播电台在美国的匹兹堡城建成。此后，无线电广播事业便在世界范围内得到普及。电视的发明，可追溯到1884年德国尼普科夫关于机械扫描电视的设想。把尼普科夫设想付诸实施的是英国的贝尔德。1927年，他成功地用电话线路把图象从伦敦传到大西洋中的船上。不过，这还不是现代类型的全电子电视。第一个对全电子电视作出

实际贡献的是兹沃雷金。他在1923年和1924年相继发明了摄像管和显像管。1931年,他组装成世界上第一个全电子电视系统。此后几年,迭经改进,约在30年代末,英美先后开始了试验性的电视广播。第二次世界大战后,电视广播便在世界许多国家逐步普及。

第三,电子计算机技术。计算工具的发明,经历了漫长的道路。从古代中国的算筹和算盘到16世纪西方的计算尺和齿轮式计算机,从机械式计算机到电子计算机,从手动计算到自动计算,从十进制到二进制,是一个逐步发展的过程。世界上第一台高速电子计算机"埃尼阿克"(ENIAC),从1944年开始设计,设计要求每秒333次,于1945年底、1946年初完成,用了1.8万个电子管,全机重30吨,体积85立方米,占地170平方米,耗电140千瓦。这种计算机显然是一种庞然大物,结构简单,价格昂贵,而且贮存量小,只有20个10位(十进制)数,准备程序却要花很多时间,可靠性也低。但即使如此,计算机的重大作用仍清楚地显示出来,第一台计算机首先用于军事部门。例如,在战争中,炮弹飞行时间只有一分钟,但算一条弹道,用人工算需要20小时,用电子计算机算,计算时间比炮弹实际飞行时间还要短。电子计算机诞生以后,应用的范围越来越广,从科学计算扩展到事务管理、过程控制、情报检索、人工智能等许多领域,对人类的生产、生活和军事活动产生了巨大影响。

四、自动化技术的崛起

自动化技术是研究实现自动化过程的理论、方法与手段的一门综合性技术科学。它可通过自动化技术工具使受控对象在无人直接参与下,按程序自动完成预定操作,在一定程度上代替人的部分体力劳动和脑力劳动,从而增强人类改造自然的能力。自动化技术对人类社会进步产生重大影响。自动化程度的高低,已成为衡量一个国家国民经济、国防和科学技术发展水平的重要标志。

自动化技术的出现，可追溯到远古时代。中国在公元前 11 世纪就发明了“铜壶滴漏”自动计时装置，公元前 1 世纪中期发明了自动记录行程的“记里鼓车”和自动指示方向的“指南车”。古埃及也在公元 1 世纪制成了神殿大门自动开关装置。但是，自动化技术成为一门独立的科学技术，则是在近代的 20 世纪 40 年代，以经典控制理论的确立为标志。随后，50 年代到 60 年代初形成了现代控制理论；70 年代，形成了以控制论和综合模拟方法为基础的大系统理论；80 年代，形成了研究和模拟人类智能及其控制规律的智能控制理论，把自动化技术推向更高的水平。

自动化技术在第二次世界大战期间开始用于军事。例如高炮自动瞄准、飞机自动驾驶和导弹自动控制等。现在，其军事应用已非常广泛，诸如武器装备的设计制造、试验模拟、操作控制，以及作战指挥和决策管理等。武器装备现代化，在某种意义上就是实现高度自动化。自动化技术的高度发展，对战略战术和作战样式也将产生重大影响。

第二节　近代军事科技与近代战争和军事科学理论

近代军事科技的产生和发展，同近代战争和军事科学理论有着密切关系。近代战争强化了对军事科技的需求，是近代军事科技产生和发展的直接原因和外部动力。近代军事科技的产生和发展既会对近代军事科学理论的发展产生巨大影响，又要受近代军事科学理论的导向。考察近代军事科技产生和发展的历史条件，不能不考察近代军事科技与近代战争和军事科学理论的关系。

一、近代军事科技与近代战争

近代战争同古代战争相比出现了许多新特点，从而强化了对军事科学技术发展的需要。近代战争的主要特点是：

第一,类型的多样性。17—19世纪,欧洲、北美等地处于资本主义上升时期。这一时期战争类型主要有:资产阶级的革命战争,如英国资产阶级革命时期的国内战争,美国独立战争和解放奴隶的战争,法国革命战争等等,这些都是进步的战争,它扫清了资本主义发展道路上的障碍;殖民主义战争,它是资本主义强国向外扩张的侵略战争,使世界许多国家和地区沦为殖民地、半殖民地;资本主义国家之间争夺地区统治权的战争,如17世纪的英荷战争,1756—1763年英、普与法、奥、俄等国进行的七年战争,1853—1856年由俄国与英、法、土耳其、撒丁四国联盟进行的克里木战争等,这种战争是由资本主义发展的不平衡性引起的。19世纪末20世纪初,各主要资本主义国家先后进入了帝国主义阶段。这一阶段战争类型主要有:帝国主义国家之间争夺殖民地的战争,如美西战争、英布战争、日俄战争等;帝国主义国家两大集团之间重新瓜分世界的战争,如第一次世界大战;法西斯国家与反法西斯国家的战争,20世纪30—40年代,德、意、日法西斯国家先后发动了侵略战争,中、苏、美、英、法、和欧、亚、非洲的许多国家进行了反法西斯战争;无产阶级革命战争和民族解放战争,如1917年俄国无产阶级进行十月革命夺取了政权,随后又以革命战争保卫了第一个社会主义国家。在第二次世界大战中,许多国家、地区的人民,坚持反侵略的革命战争,在反法西战争胜利以后,建立了一批社会主义国家和民族独立的国家。

第二,规模的扩大性。近代战争的规模,一般而言,不仅比古代战争的规模大,而且本身也是不断扩大的。例如,1788—1790年间的俄国和瑞典的战争,仅在1790年7月9日—10日的第二次斯文斯桑德战役中,瑞典出动的战舰就达195艘,火炮总数1200门,船员总数14000人;俄国参战舰只140艘,火炮总数1500门,船员18500人。1812年,法国拿破仑为了进攻俄国,调集了包括欧洲各国提供的军队在内的68万余人。到6月初,准备第一批

跨越涅曼河入侵俄国的第一线部队，大约45万人左右，拥有火炮940门。与此同时，俄国的总兵力，已达约40万人，集结在西部边境对法作战的兵力，也有22万人，火炮达942门。到12月12日第一次征俄结束，法军先后调入俄国的部队达60多万人。第一次世界大战，共有30个国家参加，卷入人口共13亿，约占世界当时总人口的75%。被送上战场的约有7500万人。第二次世界大战是人类历史上空前规模的战争，这场战争卷入的国家和地区80多个(其中参战国61个)，人数20亿，占当时世界总人口的80%以上。

第三，兵器的多技术性。近代战争的类型多样，但从性质来说，只有正义战争和非正义战争两大类。一切反抗统治阶级的压迫、抵御外来侵略、促进社会进步的战争，都属于正义的战争；一切由反动势力所进行的镇压革命、对外进行侵略扩张、阻碍社会进步的战争，都属于非正义的战争。在近代战争中，不管是正义的一方，还是非正义的一方，为了赢得自己的胜利，都越来越重视使用先进的武器装备，特别是技术含量多而高的武器装备。尤其是两次世界大战中，交战双方使用了一切可以使用的新式武器和技术装备，从飞机、坦克、军舰直至导弹、原子弹，德国和日本法西斯还使用了生物武器和化学武器。

第四，消耗的巨大性。凡是战争，都必然要消耗人力、物力、财力。随着军事科技的进步，新式武器不断出现，战争的规模不断扩大，使得战争的消耗也越来越大。据统计，19世纪的历次战争消耗了交战国平均国民收入的8—14%。第一次世界大战期间，由于飞机、机关枪、摩托化重型炮、坦克等新式武器装备的出现，致使用于战争的物质资源的需求量大大增加，仅1914年至1918年的战争高潮中，每天消耗的弹药超过了整个普法战争的消耗总量。第二次世界大战中，步兵武器的弹药发射量与第一次世界大战相比又增加了1—2倍，火炮的弹药发射量增加了4倍。坦克的弹药

发射量增加了44倍。第二次世界大战消耗了交战国平均国民收入的60—70%。

第五,损失的惨重性。近代战争的破坏性比古代战争越来越大,因而造成的损失越来越重。例如第一次世界大战,死亡人数约1700万人,其中英国94.7万人,法国138.5万人,俄国170万人,意大利46万人,美国11.5万人,德国180.8万人,奥匈帝国120万人,土耳其32.5万人;受伤2000多万人。所有参战国家的直接战费和战争造成的损失达3400多亿美元。第二次世界大战,据不完全统计,中国伤亡3500余万人,苏联亡2700万人,美国伤亡111.1万人,英国伤亡130.7万余人,法国伤亡85.9万人。全世界有5000万人以上死于战争,直接军费开支11170亿美元,经济损失4万亿美元。

近代战争的这些特点以及战争发展的本身需要强化了对军事科技发展的需求。军事科技是决定战争胜负的重要因素。军事科技的发展,使它在战争中显示的作用越来越重要。从工业革命尤其是20世纪以来,战争向科学技术提出了更迫切的需求,科学技术往往在战争中首先得到运用,例如雷达、核技术、电子计算机等,最初都是适应战争的需要而出现,并且首先运用于军事的。近代战争的特点,特别是武器装备技术含量增加和提高的特点强化了对军事科技发展的需求。在近代生产力迅速发展、科学技术重大突破的条件下,战争对军事科技发展需求的强化必然促进军事科技长足进步。还在第一次世界大战前就出现了多种技术兵器:陆军有自动步枪、机枪、迫击炮、手榴弹等;海军有驱逐舰、战列舰、巡洋舰、潜艇、鱼雷、鱼雷艇等;飞机开始用于军事。交通工具发达,通信器材得到广泛应用。大战中出现了坦克、高射炮、毒气等;作战飞机区分为侦察机、战斗机和轰炸机。第一次世界大战后,军事科学技术又有进一步发展。第二次世界大战中,大量使用了各种飞机、坦克和新式火炮,还使用了雷达和其他无线电电子器材,导

弹和原子弹等新式武器和技术装备。

二、近代军事科技与近代军事科学理论

近代,在资产阶级革封建阶级的命并建立资产阶级统治和无产阶级革资产阶级的命并建立无产阶级统治的过程中,形成并发展了近代的军事科学理论。

18 至 19 世纪形成了资本主义上升时期的军事科学理论。近代资产阶级军事科学第一个最有名的代表人物是英国的劳埃德将军。他在总结自己作战经验的基础上,写出了《1756 年普鲁士国王与奥地利女王及其盟国之间在德国的战争史或劳埃德将军的军事政治回忆录》一书。他认为,军事科学是研究军队准备战争的问题的。还认为,军队在战场上的快速性具有特别重要的意义。在其他条件相同时,胜利将属于最出色地完成行军任务的军队。在 1789—1794 年的法国大革命时期,拿破仑进一步发展了资产阶级军事科学理论。他把整个军事科学归纳为军事史,并认为军事史是思考军事问题的基础。他的主要作战原则是强调进攻,力求消灭敌人军队,集中优势兵力于主要战场,迅速果敢地机动和出敌不意地奇袭,各个击破敌人,并掌握强大的预备队等。作战时采取纵队和散开队形相结合的纵深战斗队形,步、骑、炮兵密切协同作战。18 世纪末和 19 世纪初,德国最著名的军事理论家比洛最先提出了军事科学的定义,认为军事科学就是战略和战术,并把战略区分为政治和军事战略。他还认为,进行进攻战最重要的原则是要善于选择战争和战役的对象。与拿破仑不同,比洛认为进攻的目标不应该选择敌人的军队,而应该选择敌人的后方和交通线。他写道:在最新的战争中,人和物资器材的数量是决定性的因素。奥地利资产阶级军事理论家,最著名的是卡尔大公。他认为军事科学应划分为战略和战术。军事科学的主要原则之一是:在战争中应该依据的是正确的计算可以用来达成既定的兵力和兵器;兵力必须与既定目标相适应。作战有进攻和防御两种类型,进攻是最有

利的类型。进攻时,应在决定方向上集中全力,而在其余方向上只留下一些部队作掩护。防御的重要目标是争取时间和扼守一定的地区。19世纪上半叶,资产阶级军事科学理论最突出的代表是法国的若米尼和德国的克劳塞维茨。若米尼著有《战争艺术概论》、《法国革命战争批判军事史》等。他认为,军事科学就是军事艺术。军事艺术不仅要研究军事行动,还应研究战争的目的、合理性和必要性等政治问题。他在总结拿破仑战争经验的基础上,提出了战争艺术的一般原则,如进攻与防御的方法,阵地战和运动战,选择战略要地和作战线,建立预备队等。他要求认真估计作战双方的军队质量,其中包括纪律、组织和战备。认为装备是不断变化和不断改进着的,在这方面走在前面的国家便能掌握更大的优势。装备的变化会引起战术的变化,每一种新武器的出现,都会引起相应的新战术的出现。克劳塞维茨的主要著作是《战争论》。他运用黑格尔的辩证法,反对军事艺术的原则是永恒不变的说法,认为必须从一切战争现象的相互联系和相互制约中去考察战争,提出了"战争无非是政治通过另一种手段的继续"的著名论断;认为军事行动的基本目的是消灭敌人的武装力量,军事艺术最一般的原则是兵力数量上的优势,保持兵力集中和以隐蔽迅速的行动来达成突然性。

19至20世纪中叶形成了帝国主义时期的军事科学理论。在此期间,首先出现了美国海军理论家马汉的"海军制胜"论(又称"海权论")。他主张建立并运用强大的海军和其他海上力量,去夺取制海权,控制海洋,进而实现国家的战略目标。这种理论,对美、英、德、日的海军建设和海洋战略具有重大影响。德国的施利芬继承了克劳塞维茨和毛奇的军事思想,主张速决战。法国的福煦预测未来的战争将是短暂的,其进程将是激烈而快速的。1914—1918年的第一次世界大战后,新式武器的发明、应用和不断完善,大大推动了资产阶级军事科学理论的发展。两次大战之间,许多

国家对军事理论的研究空前活跃。这期间影响较大的有“总体战”理论、“空军制胜”论和“坦克制胜”论。“总体战”理论是德国军事家鲁道登夫于1935年在慕尼黑出版的《总体战》一书中提出来的。这一理论认为现代战争将是全面战争，既要歼灭敌人的武装力量，又要无情地打击敌国的工业目标和居民，战争进程将是闪电式的，力求速战速胜。“空军制胜”论是意大利的杜黑将军提出来的，认为空军应是未来战争的主要的和决定性的工具，依靠空军夺取制空权并实施空中进攻，即可摧毁敌人物质上和精神上的抵抗而保证战争的胜利。其基本思想是：不夺取制空权便不可能在现代战争中获胜。“坦克制胜”论是英国的富勒在1919年出版的《1914—1918年大战中的坦克》一书提出的。他写道：“斗争工具或者武器，只要符合情况的要求，就可以构成99%的胜利。战略、指挥、勇敢、纪律、供给和战争所有的精神和体力因素，都不能与武器的优势相比。这些因素充其量也只能构成1%的胜利。”1939—1945年的第二次世界大战期间，各国军事学术进一步发展。在德国，凯特尔、约德尔、哈尔德、古德里安等军事理论家，极力鼓吹闪击作战，要求突然、迅速、连续、猛烈地打击敌人，同时在各个时候又只在一条主要的战线上进行积极的战斗行动，以便各个击破敌人。在英国，军事理论家普遍认为海军是进行战争的重要工具，海军舰队被用来保障殖民统治和作为向外扩张的基本工具。在法国，军事思想保守落后，拘泥于第一次世界大战的经验，迷信马奇诺防线，实行消极防御战略，结果在德国的进攻下很快失败。在美国，第一次世界大战后期和第二次世界大战初期，把主要注意力集中于发展海军，着力重新装备海军。而在第二次世界大战中后期，建立空军以独立进行空中战争的理论得到了发展。在苏联，特里安达菲洛夫于1926年首次提出了大纵深理论。到30年代，苏联理论家进一步提出：大纵深战役的成败，取决于能否快速而连续地粉碎敌人向全纵深疏开的各个梯队。他们还特别强调使用摩托机械

化部队以及航空兵来发展战役机动。

19世纪中叶以来无产阶级军事科学理论得到了发展。随着资本主义的产生和发展，无产阶级登上历史舞台。马克思和恩格斯在创立无产阶级革命学说的同时，也创立了马克思主义的军事理论，为无产阶级军事科学奠定了基础。列宁、斯大林、毛泽东等各国无产阶级革命的领导人，在领导本国人民争取解放和反对外来侵略的斗争中，把马克思主义普遍真理与本国革命战争实践相结合，先后取得了战争的胜利，并以自己在军事理论上的成果，不断丰富和发展了无产阶级军事科学理论。无产阶级军事科学理论以辩证唯物主义和历史唯物主义为指针，吸取古代军事学和资产阶级军事科学中的精华，排除其糟粕，因而能够正确地揭示战争和军事活动的客观规律，使军事科学得到高度发展。马克思恩格斯的军事科学理论的主要内容包括：关于战争根源的学说，关于暴力革命的学说，关于武装夺取政权的道路的学说，关于建立革命军队的学说，关于人民战争的学说，关于战略战术的学说等。列宁军事理论的主要内容包括：关于帝国主义时代战争的学说，关于变帝国主义战争为国内战争的学说，关于建设无产阶级军队的原则，关于人民战争及其战略战术原则等。斯大林军事理论的主要内容包括：关于国防建设的学说，关于决定战争命运的因素，关于战略战术原则等。毛泽东军事思想的主要内容有：关于战争观及方法论，关于农村包围城市的革命道路，关于建设人民军队的理论，关于人民战争及战略战术原则，关于国防现代化建设的学说等。

军事科技的产生和发展会对军事科学理论的变革和发展产生巨大影响。但是，军事科技的产生和发展又要受军事科学理论的指导。军事科学理论的发展，会对军事科学技术的发展提出要求，从而促使军事科学技术向适应新的战略需要的方向发展。例如，"海军制胜"这一理论是美国海军理论家马汉于19世纪末期创立的，其中心思想是：要拥有并运用优势的海军和其他海上力量去控

制海洋，以实现自己国家的战略目标。他还认为，夺取制海权的方法是舰队决战和海上封锁，而要完全夺取制海权，只有经过舰队决战。他主张美国应建立强大的远洋舰队，首先控制加勒比海地区和中美洲地区，而后进一步控制其他海洋。马汉的“海军制胜”论，是在美国资本主义进入垄断阶段时产生的，它适应了美国垄断资本重新瓜分世界的政治需要，成为当时美国政府制定海洋政策和海军(包括海军科技)发展政策的理论依据，并对其他海军强国的海洋战略发生重大影响。在“海军制胜”论的影响下，舰船及海军技术在美国和英国等许多国家有了很大的发展。针对被称为“无敌的海上力量”的装甲舰，美国在1776年首先造出的能潜入海水中的“乌龟艇”的基础上，不断试验和改进了潜水艇，开辟了从水下击败装甲舰的道路。英国于1917年7月通过改装造出了世界上第一艘可载海上作战飞机的航空母舰，揭开了军事技术发展史上海空结合的序幕。

第三节　近代军事科技与军事经济

同古代军事科技一样，近代军事科技的发展也必须建立在物质生产发展和经济实力增强的基础上。换句话说，近代军事科技的发展也必须具备经济基础。不过，近代以来，在军事经济有了长足发展的条件下，军事科技与经济的关系直接表现为军事科技与军事经济的关系。军事科技的发展要以军事经济的发展为基础；军事经济的发展又要以国家经济的发展为基础，只有国家经济发展了，才能为军事经济和军事科技的发展提供经济潜力。

一、军事经济的产生和发展

军事经济又称国防经济，它是服务于军事需要的经济。军事经济作为国民经济的特殊部分，平时和战时都存在。其运行过程，

包括军用品的生产、分配、交换和消费;其资源构成,包括用于军事需要的人力、物力和财力;其部门构成,包括军事生产部门、军事流通部门和其他服务于军事需要的非生产部门。其中,军事系统的物资劳务保障部门是军队机体的组成部分,其他部门,如军事工业、科研部门,国民经济基础部门中以生产资料保障军事工业和以生活消费品保障军事成员、军事工业部门职工消费的部分,以及交通、邮电、科研、卫生、文教等部门中为军事服务的部分,则直接属于国民经济各部门。之所以也是军事经济的重要组成部分,只是由于它们为军事活动生产消费对象,军事消费为它们“在观念上提出生产对象,作为内心的意象,作为需要,作为动力和目的”。(《马克思恩格斯选集》第2卷,人民出版社1972年版,第94页)

军事经济在人类社会不是从来就有和永远存在的,它是与阶级、国家、战争和其他军事活动相联系的产物。在原始社会,生产力水平极其低下,没有私有财产,不存在阶级剥削和阶级压迫,没有国家,没有军队,社会经济组织同时就是武装组织,在发生武装冲突时,全体成员都是战斗员,劳动工具就是武器。在这样的条件下,没有必要也没有可能专门建立具有特殊职能的军事经济机体。随着生产力的发展和私有制的产生,人类社会逐步形成了经济利益根本对立的阶级,产生了阶级矛盾和阶级斗争,从而产生了国家和军队。与此相适应,产生了为军事服务的军事经济。在奴隶社会和封建社会,生产力水平低,军队武器装备简单,主要是冷兵器。战争消耗主要是人力和粮秣,保障战争和其他军事活动需要的军事经济规模极其狭小,军事经济在国民经济中所占的比重也很有限。到了近代,人类社会进入了资本主义。经过产业革命,出现了机器大工业。由于生产力的进步和战争的需要,军队的武器装备有了很大的发展。由原来的冷、火并用兵器发展为火器。军队从单一的陆军,发展为陆军和海军。由于武器装备的发展,战争消耗日益增多,加上战争日益频繁,军队的规模不断扩大,这就在客观

上要求建立独立的企业或部门来专门生产武器装备和其他军用品，以适应战争发展的需要。而生产力的发展和机器大工业的出现，则为战争的这种需要提供了物质技术基础。于是，军事经济便与民用经济逐步分离，成为国民经济中相对独立的特殊经济部门。19 世纪末 20 世纪初，资本主义由自由竞争阶段进入垄断阶段。垄断资产阶级的国家机器为了对内镇压和对外扩张政策的需要，彼此之间的军备竞赛越演越烈。在帝国主义国家的经济结构中，直接或间接同供应军用品有关的经济得到迅速发展。特别是在两次世界大战期间，主要交战国中的各个帝国主义国家把整个国民经济都转入了战争轨道，军事经济畸形膨胀，战费大幅度增加。1914 年，欧洲几个主要资本主义国家已具有强大的国防工业，军品生产和消费占用了大量的国民经济。第二次世界大战期间，许多国家对国民经济进行军事干预，建立了庞大的战时经济及调节机构，出现了国民经济军事化的局面。有的国家把 60—70％的国民收入，用于了军备竞赛或战争，美国政府在战争期间通过预算拨款建立起 3.2 万多个军工企业，总投资达 172 亿美元以上。在帝国主义国家大力发展军事经济的同时，被剥削被压迫的民族和国家为了摆脱帝国主义的殖民统治，往往也努力发展本国的军事经济。在第一次世界大战中诞生的世界第一个社会主义国家苏维埃俄国，为了防御外来的侵略，保障社会主义经济建设和巩固发展社会主义经济制度，也逐步建立和发展了与自己国防相适应的军事经济。

军事经济是军事科技发展的直接物质基础。军事科技和军事经济虽然不是一回事，但二者都是在生产力发展的基础上，适应战争和其他军事活动的需要而产生和发展的。当军事经济成为国民经济的一个特殊部分相对独立发展起来之后，军事科技便构成了军事经济活动的一个重要组成部分。固然，军事经济发展的速度、规模和水平，军事经济实力的增强与否，与军事科技的发展状况关

系很大;但军事经济的状况如何,直接关系到军事科技发展的物质技术基础状况。军事经济对军事科技发展的物质技术基础作用,主要体现在:第一,为军事科技的发展直接提供经费。作为军事经济或国防经济财力表现的军费或国防费,是战争和一切军事活动的启动器和调节器,当然也是军事科技发展的启动器和调节器。在军事经济没有从国民经济中分离出来并相对独立发展之前,军事科技发展所需要的经费直接取之于国民收入;在军事经济从国民经济中分离出来并相对独立发展之后,军事科技发展需要的经费则直接取之于军费或国防费。在军费或国防费的价值构成中,专门有一项科学技术研究费用,主要用于研究开发新式武器、装备和进行科学技术试验。第二,为军事科技的发展直接提供物质条件。军事科技从一般科学技术中分离出来并不断发展,其根本任务是要为武器以及其他军用品的研制、生产、使用提供科学的理论指导和先进的技术保证,以满足战争和其他军事活动的需要。而军事科技要完成好这种任务并使自己不断前进,没有必要的物质条件是难以想象的。这种物质条件的直接提供者是军事经济。军事经济从诞生之日起,就执行着不同于社会经济的特殊职能——保证战争和包括军事科技在内的其他一切军事活动所需要的物质技术。近代以来,许多国家的军事经济已经发展成了一个门类比较齐全,具有相当规模和水平的国防工业,并且与民用工业兼容,与部队后勤装备、采购、管理、储备和修理相结合,担负着武器装备等军用品从生产到消费全过程之任务的完善机体,因此,也能够履行其特殊职能,为军事科技的发展直接提供物质条件。第三,为军事科技的发展直接提供技术条件。军事经济一般由军事人力、物力和财力以及寓于其中的军事科技等基本要素构成。战争需求的发展推动着军事经济相应地发展。而军事经济的发展不仅为军事科技的发展提供物质保证,而且其发展的本身就意味着军事科技的发展,并为军事科技的继续发展直接提供技术条件。

二、军事经济基础和军事经济潜力

军事经济是在一定的经济基础上建立和发展的。基础的状况如何，对于军事经济的建立和发展、军事实力的强弱，都有深刻的影响。军事经济基础，是指军事经济赖以建立和发展的社会经济条件——国家经济。国家经济，是指一个国家范围内的物质生产部门和非物质生产部门的总体。包括工业、农业、建筑业、交通运输业、商业、服务业等部门。国家经济对于军事经济的基础作用，主要表现在：国家经济是军事生产资料的源泉；国家经济为军事经济提供重要物质技术基础设施；国家经济是军事劳动者生活资料的主要来源；国家经济决定着军事劳动力的数量和质量；国家经济是军事经济建设资金的主要来源；另外，国家经济制度决定着军事经济的性质和发展方向。国家经济是军事经济的基础，军事经济又是军事科技的基础。所以，军事科技的发展归根到底要以国家经济的发展为基础。

衡量一个国家的军事经济基础，不仅要看其现实的军事经济力量，更要看其军事经济潜力。军事经济潜力，是指存在于军事经济基础中可以转化为现实军事经济力量的那部分经济能力。某个国家的军事经济潜力，是该国用于军事目的的最大经济能力，它反映了该国军事实力可能达到的最大限度，标志着某一国家能够用来巩固国防和进行战争的实际能力。在近代史上，特别是两次世界大战表明，交战双方的各国都很注意发展军事经济潜力。军事经济潜力主要取决于：社会经济制度的性质；国民经济生产总量；民用需求的压缩弹性；战时经济生存能力；生产增长率；经济效益的高低。

一个国家的军事经济潜力，通常总是比现实的军事经济实力要大。军事经济潜力究竟能在多大程度上转化为现实的军事经济实力，并进一步转化为军事实力，这要取决于：国家是否处于战争状态，战争的性质和激烈程度，国家的政治政策和军事战略，社会

经济制度等。以第一次世界大战时候的情况为例。第一次世界大战，交战国有史以来第一次使用了以内燃机推进的战斗装备，出现了诸如飞机、坦克之类的新式武器，战争在深度和广度上都有了空前发展，用于战争的物质资源比过去有了成百上千倍的增长。在1914—1918年战争的高潮时期，有时一天消耗的弹药即超过1870—1871年普法战争的总消耗量。这样巨大的战争消耗，仅靠战前的军火库存是无法保障供给的，各交战国不得不进行紧急动员，把他们的整个国民经济置以战争体制之下，经济不得不最大限度地发挥潜力来支援战争。

以上分析说明，军事经济潜力是介乎于军事经济和作为军事经济基础的国家经济之间的经济力量。这种经济力量强弱，不仅会对军事经济而且会对军事科技产生重要影响，所以考察近代军事科技与军事经济和军事经济基础的关系，不能不考察军事经济潜力。

第四章　枪械技术的发展

枪械一般是指利用火药燃气能量发射弹头，口径小于20毫米的管形射击武器。它主要由枪管、闭锁机构、供弹机构、击发发射机构、退壳机构、瞄准装置、机匣和枪架(或枪托、枪把)几部分组成。现代自动枪械，还配有用于完成自动闭锁的复进机构。枪械的基本作用是发射枪弹，打击暴露的有生目标和薄壁装甲目标。它是步兵的主要武器，同时广泛装备于其他军兵种。枪械技术发端于古代末期，近代以后，在点火击发、膛线制作、装填方式、枪弹制造和自动化等方面不断得到发展并日趋成熟。

第一节　前装滑膛枪的出现与发展

枪械渊源于发射弹丸的管形火器，它的历史可以上溯到13世纪前后。工业革命之前，近代意义上的机械加工工业尚未形成，枪械的制造工艺水平低下。一直到19世纪以前，枪械基本上都是前装滑膛枪，即火药和弹丸都从枪口装入膛内，枪膛制造得尽可能地光滑。在一个相当长的时间内，人们侧重于点火方式和点火装置的研究，先后出现了各种形式的点火装置和相应的枪械。根据点火方法的不同，可以把早期的枪械划分为火门枪、火绳枪和燧发枪三个发展阶段。

一、火门枪和火绳枪的发明

近代管形射击火器的诞生有它的社会背景。管形射击火器的出现，在兵器的演变史中具有划时代的意义。但这一转变的实现并不是一蹴而就的，需要一系列的社会条件。火器的加工制作需

要冶金、铸造、机械制造等一系列技术条件,特别是新的能量获取技术是一个关键性的前提条件。中国古代发明的火药为火器产生提供了能量上的准备,对热兵器取代冷兵器具有极其重要的意义。在古代低水平的冶金、铸造、金属加工技术的基础上,中国很早就开始了制造管形火器的探索,南宋时已经制造出了以巨竹为筒的突火枪,元代已经制造出了以铜为筒的火铳。但是,由于各种社会条件的制约,中国古代管形火器一直徘徊于近代管形射击火器的门口。13 世纪末中国制造火药的技术由阿拉伯人传入西班牙。当时,西欧开始用 6 份硝石,1 份硫磺和 1 份炭机械混合制成火药。最初制造的火药虽不能应用于射击,但这一技术,在西欧的社会条件下获得了迅速发展。当时的欧洲虽然尚处于封建时代,但资本主义的生产方式已经萌芽,新世纪的曙光已经出现。自公元 12 世纪开始,随着社会生产力的发展,城市市民力量就已经兴起,并逐步走入国家的政治生活,例如,公元 12 世纪建立的西班牙国会,公元 1265 年建立的英国议会和公元 1302 年建立的法国三级会议中都有了市民等级的代表。但这并不意味着僧侣和贵族同市民等级消除了矛盾,而是王权借助等级代表机构实行统治的形式。随着资本主义生产方式的不断发展,日益壮大的市民等级和封建贵族之间的矛盾日益激化,资本主义生产方式和封建社会生产方式的冲突不可避免,整个社会日益酝酿着一场阶级大博杀,在新旧社会交替的前夜,时代向近代火器发出了召唤。如果说阶级斗争和社会制度变更提出了武器更新的需要,那么,工业生产力的发展则提供了武器更新的可能。等级君主制时期,在采矿业中,已经使用了畜力和水力推动的抽水机、提运矿石的绞车以及通风和其它复杂设备,铁矿井已深达 200—300 米,矿石的开采量大为提高;在冶金业中,已建有 3 米高的熔炉,出现了使用水轮和风力推动的风箱,已采用“直接法”工艺,即将木炭和矿石置于熔炉内,再借助风箱提高炉温的方法炼出质量较高的熟铁,5 米高的鼓风炉已出现

并推广运用，铁、铅、锡的主要产地已经形成；在金属加工业中，已能对金属进行热处理和冷处理，重力锤、钻孔机床、旋床、磨床、压延机、拔丝机、滚扎机已相继出现。采矿、冶金和金属加工业的发展，为近代枪械的发明和发展奠定了必要的物质、技术基础。

火门枪是最早出现的管形射击武器。枪管以竹、木、铜、铁制作，安在木棍或长矛上，从枪口前装黑火药，以石子、铁砂、铅丸或箭镞之类为弹丸，枪管尾端封闭，有一小孔，称为火门。发射时，通常一手持枪，一手持烧着的木炭或烧红的铁块等火种，接近火门，点燃膛内火药，将弹丸射出。世界上最早的火门枪，广义而言，当属 13 世纪中叶中国南宋时代发明的突火枪。近代枪械意义上的火门枪，最早出现在欧洲。据日本史料记载，中国古代的管形火器于 14 世纪从中国经阿拉伯人传入北欧，这对欧洲发明近代意义上的火门枪有着直接的启发作用。最早传入西欧的火药尚不能应用于射击。为了制造管形火器，西欧各国的技师们很快学会了弄净硝石，提取硝酸钠，制成了应用于射击的粉末状火药。粉末状火药存在许多不足之处，诸如颗粒之间缺乏空隙，燃烧不充分，降低了能量的释放，使得火器膛内不能产生足够的压力，硝酸钠、硫磺和木炭不易搅拌均匀，在运输过程中，较重的硝酸钠沉到下面，较轻的木炭浮到上面，使用前必须重加搅拌。尽管如此，粉末状火药的制成，为火门枪的研制创造了重要条件。欧洲最早的火门枪由一根金属管构成，称为“火棍”或“加农手枪”。枪的长度一般不到 10 英寸，口径为 25—40 毫米，较大的长 2 到 3 英尺，口径为半英寸或稍大一些，发射小石弹或铅弹。1364 年，在意大利的佩鲁贾城制造了 500 支身长 8 英寸的轻火器，它们是皮斯托尔手枪的前身。在此之前，英国已经生产出一种长 24 英寸的小马枪。最早的火门枪火门常在枪管的上方，发射时，一手持枪，另一只手点火。由于枪管会很快发烫，只好把它们缚在木板、木杆或矛柄上射击。15 世纪才发明了枪托，在枪托末端装上短木套或木盒，可夹在腋下或

架在高物体上射击。由于粉末状火药存在的缺陷，火药用量很大，枪膛里塞得满满的，弹丸已接近枪口处。这种枪的火药爆炸声大，但杀伤力小。这时的火枪只是一种心理战武器。同时火门枪不能双手握持，点放时需盯着火门，不能观察目标，不便操作和瞄准。15 世纪以后，火门枪逐步被火绳枪取代。

火绳枪是使用火绳点火机的枪械。据维也纳手枪史料 3069 号记载，火绳枪于 15 世纪初的 1411 年出现。在早期火门枪的基础上，15 世纪的欧洲对火枪进行了一系列的改进。首先是粒状火药的发明克服了粉末状火药的缺陷，解决了枪膛内压力不足的问题。其次，发明了安全点火装置，枪的火门从枪管的上方转移到了右侧，枪上增加了一个小小的“火药池”，枪管的长度增加，枪柄则缩短，点火有了把握。最重要的改进是采用火绳及其装置。火绳是用在硝酸钾溶液里浸泡过的绳线或布条制成，很容易点燃，阴燃的速度约为每分钟 70—120 毫米。将火绳安放在一个绕轴旋转的盘管中，可用手升降。不久，有人将其同扳机连接起来，制成火绳点火开关，如拉下扳机，盘管的下端向上抬起，而着火绳的上端恰好降到火药池。这样，士兵在射击时，可不受点火装置的妨碍进行瞄准。这种枪的枪托已经缩短并弯曲成适于贴面颊，顶住肩胛的形状，有助于瞄准。这种几经改进的火绳枪又被称为“钩状枪”或“弯把枪”，其重 10—15 磅，弹丸重 1 盎司，初速为每秒 800 英尺，射程约为 100—200 码。但其发射速率依然较低，准确度依然较差，只适于对付密集成群的敌人。同时，这种枪使用的火绳不便携带，风雨中容易熄灭，夜间容易暴露目标，且存在引燃随身携带的发射物的隐患。尽管如此，火绳枪比起早期的火门枪来，它的优越性依然是显而易见的。16 世纪，西班牙研制成功一种较重型的滑膛火绳枪，在 30 年代初期运用于阵地防御。这种枪重 25 磅以上，枪长 6 至 7 英尺，口径大约 23 毫米，发射弹丸重约 50—60 克，最大射程 450 码，有效射程 200 码，需放在叉型支架上才能射击。此

枪虽然有所改进，但装填药弹更为麻烦，而且，未能根本上改变火绳枪特有的缺陷。

二、燧石枪的技术发展

火绳枪在实战中存在的不足，推动人们对枪械做进一步的改进。改进枪械的焦点仍然集中在点火方法上。约在 10 万年前旧石器时代的中期开始，人类就已经发现了燧石，并掌握了用燧石撞击或磨擦起火的方法。在枪械出现之初，由于金属加工、机械制造水平的局限，使得用燧石点火发射枪弹并不比一般点火方法来得方便，故而未被采用。到了 16 世纪，随着近代自然科学的日益昌明，在机械加工工艺水平日益提高的背景下，改进枪械的点火装置，从而利用燧石发火的条件已经成熟。16 世纪，枪械制作上出现的重要发明是机械点火装置。一种装置是用二硫化铁或燧石与钢片撞击以产生火花，点燃火药池内的引火药将子弹射出。另一种使用燧石与钢片撞击的点火装置叫弹簧点火开关，其结构是枪管侧面有一击铁，击铁夹着燧石，扣动扳机时，一个 V 形弹簧将击铁松开，撞击装在绞链上的弯钢片，钢片盖在火药池上，这上面产生一片火花，点燃火药池内的引火药，将子弹射出。新型点火装置的发明，宣告了用燧石点火机点火的燧石枪时代的到来。最早的燧石枪是 1515 年前后，在德国的纽伦堡由基伏斯发明的。以后，这种枪械几经改进，到 17 世纪末几乎完全取代了火绳枪，但在东欧、印度和日本等地，一直到 19 世纪中叶，火绳枪才最终退出历史舞台。

燧发枪的最初样式是轮式燧石枪，使用的是摩擦燧石机。它由经切削加工的铁片和一小块燧石相摩擦发出火花点燃装药。著名的意大利科学家达·芬奇改良了他自己发明的转轮式燧石机。它主要由发火轮和击锤组成，击锤的下方有一夹口，内嵌燧石并用螺钉固定。击锤簧有两个作用，一是使击锤保持在打开状态，二是使击锤上的燧石以一定的压力压在发火轮上。发火轮是一钢制转

轮，表面制成刻纹，有蜗旋弹簧(即发条)。发射时，先用扳手旋紧蜗旋簧，然后扣动扳机，发火轮便快速旋转，发火轮的表面与燧石相摩擦产生火花，即可点燃点火孔处火药，使弹药发射。这种方法的原理与现代火石打火机完全相同。后经不断改进，这类发火装置出现了多种样式。例如，点火孔处加个盖子，扣动扳机使发火轮转动时，盖子自动打开，当击锤处于待发状态时，就将蜗旋簧旋紧，省去了扳手。在这些改进的基础上，轮式燧石机的制造技术不断提高。16 世纪中叶，小型火器在发展过程中出现了更方便的转轮枪，这种枪用作马枪十分合适，这使马枪首次成为一种战争武器。德国首先建立了一支配备新式转轮手枪的重骑兵。

轮式燧石机的发明和改进，无疑是枪械制造技术的一大进步，它克服了火绳枪的固有弱点，但依然存在一些不理想的因素。例如，转轮式燧石机常常因发火轮上有污垢而不发火，采用这种装置的枪往往还需要以火绳机作为备分。同时它的结构较为复杂，当时的造价较为昂贵，难以推广。约在 1525 年，出现了一种构造简单的撞击式燧石枪。这种枪使用撞击式燧石机，该发火装置主要由击锤及其簧，点火剂巢与传火孔等组成。燧石嵌在击锤的夹口内并由螺钉固定。将击锤向后扳开时，便压缩了击锤簧，即处于待发状态。发射时，射手扣动扳机，击锤被解脱并在其簧力作用下迅速向前回转，击锤夹口中的燧石与点火剂巢的后壁相撞击产生火花，引燃点火药使弹药发射。这种发火装置，简化了射击操作，有利于射手集中精力操作和瞄准射击，提高了射击精度。撞击式燧石枪发明以后，经过不同时期不同地区的多方面改进，出现了许多种类。17 世纪初，瑞典国王古斯塔夫·阿道夫对当时的枪械进行了改进，将其重量减至 11 磅，缩短了枪身，采用一种纸质弹壳的枪弹，里面装有均匀一致的一定重量的弹药和弹丸，标准的只有 1 盎司。这种枪的发射速率较高，至少每 3 分钟发射 2 发子弹。稍后，枪长减至 4 英尺，发射速率提高到每分钟 1 发子弹。1610—1615

年间，法国人布尔热瓦将打火板与药池盖结合为一个零件，进一步简化了结构，同时使其具备保险功能，提高了使用的安全性。17世纪中叶，欧洲军队开始广泛装备撞击式燧发枪。到17世纪末几乎全部取代了早期的火绳枪。燧发枪在军队中大约使用了300年，它的撞击式发火原理首开了近代步枪击发技术的先河，至今仍保留在现代武器之中。

第二节　近代步枪制造技术

19世纪30年代，枪械发展到了近代时期，其主要特征是螺旋膛线的采用，使用定装式枪弹和金属弹壳后膛装填，针发式，其射速比早期有明显提高。燧发枪时代，枪的口径达17毫米，重量为5—6公斤。近代枪械的口径普遍为11—15毫米，枪重减少到4.1—4.8公斤。近代枪械是早期枪械推陈出新的结果，在早期的枪械制造过程中，萌芽着许多近代的技术因素。近代枪械从最初尝试，不断改进到最后完善定型，大体上经历了线膛枪、后装枪、击发枪和击针枪几个发展阶段。

一、螺旋膛线和后装枪的出现

早期的枪械都是前装滑膛枪。这种枪械不仅在点火方式上需要不断改进，而且需要在改善装弹状况和提高射击精度方面不断进行技术改造。在不断探索较好的点火方式的同时，人们较早考虑的是如何改善装弹状况。这是因为对前装滑膛枪而言，存在一个十分明显的技术问题，即从枪口装进去的弹丸与枪膛之间的空隙如果过大，则发射时就要泄漏掉比较多的火药气体，膛压降低，从而使射程下降；反之，当间隙过小时，枪弹从枪口装入膛后，由于要运动一段距离，这就增大了摩擦力，使得原本就不方便的装填变得更为困难。起初，人们使用简单的机械力作用原理和物体变形

的特性解决这一问题。具体做法是用麻布、毛织物之类富有弹性的东西把弹丸包起来，浸涂上润滑油，使其外径稍大于枪膛，将弹丸塞进枪口，然后用通条猛力冲打，把弹丸捅到膛底。如果使用的是铅弹，这种方法同时利用了铅弹柔软容易变形的特性，靠冲打落于膛底的弹丸，径向膨胀以紧贴膛壁。这种做法虽然一定程度上解决了弹膛之间的密封问题，但并未减少装填的难度，同时它又带来了新的问题，即装填速度更为缓慢。15 世纪末，德国人首先采用了直线形膛线技术，一定程度上减少了从膛口装弹的阻力，并且利用膛线容纳火药残渣。这一发明虽然未能从根本上克服前装枪弹的困难，但毕竟有其实用意义，因而逐步被运用于枪械制造。例如，在 1700—1721 年的北方战争期间，俄国的图尔斯基兵工厂曾奉命生产带有来复线的轻式马枪 100 支。然而，由于各种条件的制约，很长一段时间内，来复线的使用并不普遍。

18 世纪，开始出现螺旋膛线技术。德国人很早就认识到，旋转的箭能够获得较好的射击精度。这种箭是用弩机上的一个有螺旋形的导管使射出的箭在飞行中能够旋转。当直线形膛线出现以后，人们自然会想到试用螺旋形膛线。1725 年，西班牙出现了一种刻有两条螺旋膛线的枪。这可能是人们在枪械制造中使用螺旋膛线的最早尝试。螺旋膛线出现以后，最初多应用于比赛枪的制造，并没有被广泛应用于军用枪的制造，主要原因在于，一是当时军队队形多为方阵，对这样群体目标的射击，精度还不是迫切需要解决的问题；二是螺旋线的加工在当时条件下极为困难，制作成本很高；三是在枪弹前装的条件下，螺旋线膛枪的装填更为困难，花费的时间更长；四是人们对螺旋膛线的认识还比较模糊，直到 1775 年还有文献认为直膛线能产生更好的射击精度。17 世纪末，步兵战术发生了变化，方阵变成了横队，横队的纵深越来越小，正面越来越大。美国独立战争中，美军打破了传统的“操典”，创造了行动迅速灵活、利用地形地物掩护自己的散兵战术。法国革命战

争中,法军采用了随时能展开成散兵队形的纵队战术。这些变化意味着原先密集的目标逐渐变成了稀疏的目标,目标的运动速度不断变快。射击精度不高的滑膛枪已经不能适应这种变化。在新的战术条件下,需要对枪械进行革新以提高射击精度。到了 18 世纪末、19 世纪初,蒸汽机获得广泛使用,冶金技术的进步为枪械制造特别是枪管制造提供了碳素工具钢,机械制造技术的发展提供了车、铣、磨、刨、钻等各种机床,螺旋膛线的制作从高级手工作坊走进了机器生产车间,从而为螺旋膛线的大规模生产提供了可能。从 16 世纪开始,一直到 19 世纪,欧洲人做了大量的直膛线和螺旋膛线的对比试验。最终认识到,螺旋膛线可以使长形弹头旋转,提高飞行稳定性,增加射程特别是射击精度。到了 19 世纪中叶,螺旋膛线终于被推广应用。

螺旋形线膛枪的推广,同时也离不开后装枪和金属枪弹的发明。螺旋形线膛枪在发展过程中,存在的一个主要障碍就是枪弹的装填问题。在枪弹前装的条件下,为了便于装弹,需要采用较深的膛线和柔软的弹丸,可是这带来了发射时弹丸与膛壁间的闭气问题和弹丸变形后对弹道产生的不利影响。同时,在射击速度和精度不断提高的情况下,前装式的装弹路线长,操作时人体动作幅度大,为了使弹丸便于落下,需要将枪管处于竖直状态,这样就容易暴露目标,遭受敌方杀伤的可能性增大。因此,对于螺旋形线膛枪来说,最合适的装填方式是后方装填。后装枪可以使用较浅的膛线和较硬、较长的弹丸,弹丸的飞行阻力小,还可以使枪的口径减小。后装枪的整个枪膛可以敞开,又便于擦拭。就 18 世纪以后的技术水平而言,后装枪的闭锁机构是能够实现的,故而人们开始了后装枪的制造并尝试着使用。当时对于后装枪的应用来说,最主要的问题是如何密闭从枪尾泄漏出来的火药气体。这个问题的最终解决,依靠的是对枪弹所做的不断的技术改进。早期的枪弹是分装式,弹头由最初的不规则的瓷、石头演变为一定形状的铅

丸。16 世纪后期,为了简化装填并比较准确地控制发射药量,出现了将发射药和弹头包在一起的纸壳弹,这是定装弹的雏形。但它所解决的不是闭气问题。1812 年,瑞士人鲍利在法国发明把弹头、发射药、底火连在一起的金属底座纸壳定装枪弹并获得专利。这种枪弹简化了线膛枪的后装操作,由于使用了金属底座,一定程度上解决了闭气问题,因而枪弹的射速明显提高。此后,枪弹不断改进。1856 年,美国人伯恩塞德发明锥形黄铜弹壳;1865 年,英国人博克塞发明铁底铜片拧卷弹壳;1870 年,美国人伯当发明了引伸加工成整体金属弹壳,使金属弹壳定装弹趋向完善。金属弹壳定装弹彻底解决了后装来复枪的闭气问题,提高了弹头初速,促使后装枪得到迅速发展和广泛应用。在 1864—1866 年的普鲁士战争、美国南北战争和 1870 年的普法战争中,后装来复枪显示出了卓越的性能。

二、击发枪和击针枪的发明

人们在不断探索膛线制造技术、弹药装填技术和枪弹制造技术的同时,相应地在击发点火技术方面,也在不断地进行改进。击发点火技术的重大革新是以新的点火剂和火帽的发明为基础的。19 世纪初发明了雷汞,它很快被用作点火剂。一般认为苏格兰牧师福希斯在 1805 年制成的装有雷汞的小丸或小片,是最早的火帽。1814 年,英国人乔舒亚·肖第一次在美国费城等地试验将击发药装于铁盂内制成铁盂火帽。1817—1818 年,英国人阿加尔发明了压装击发药的铜盂火帽。火帽的发明,彻底改变了枪弹的点火发射方式。用火帽发火比各种燧石发火装置优越,它几乎不受天气变化的影响,大大提高了点火的可靠性。火帽刚问世时,由于当时士兵尚有惧怕心理,用粗大的手把小巧的火帽准确地套在击砧上十分不易,所以最初并没有得到推广运用。但是,时隔不久,随着定装式枪弹的不断改进,到了 19 世纪 40 年代,就已经开始普及。伴随着点火方式的变化,发火装置发生了根本性变革。在燧

发枪时代，发火装置的运动方式是摩擦和撞击，而且摩擦方式比撞击方式更为可靠。火帽发明以后，在燧发枪撞击原理的基础上，产生了击发枪。它是一种使用击发药击发点火发射的枪械。苏格兰牧师福希斯 1805 年在制成世界上最早的火帽的同时，制成了世界上第一支击发枪，并于 1807 年取得了专利。击发枪的基本原理是将火帽套在中心有火门与枪膛相通的击砧上，利用击锤打击火帽，火帽发火产生的火花可引燃枪膛内的发射药，使弹药发射。击发枪发火可靠，不受风雨影响，不用携带燧石，更不用修整燧石，显示出一定的优越性。但是，如前所述，在定装枪弹改善之前，它存在着明显的缺陷，因而击发枪只是一种过渡型的枪械，在它出现几十年后，逐渐被其他枪械取代。

来复线的发明和应用，促进了后装枪的产生和使用。后装枪的发明和应用，又推动了定装枪弹的不断改进。火帽的发明和定装枪弹的不断完善，又推动了击针枪的发明。几乎在后装枪出现的同时，击针枪宣告问世。它是带击针并以其冲击能量击发发射的枪械。击针枪是后装枪和击发枪的进一步发展，同时以火帽的发明使用和定装枪弹的不断改进为基础。1835 年，普鲁士泽默达城的一位非军人德莱赛发明了世界上第一支击针枪。其结构和技术原理是滑动的枪机内装有一根细长的击针，射击时，击针尖首先穿透纸质药筒，然后击发装在弹丸底部的点火剂。但在实际使用中，长杆状的击针容易弯曲和断裂。1861—1865 年，美国内战期间，第一次出现了以击针打击的金属弹壳底缘发火枪弹。1865 年，英国人博克赛发明以击针打击金属弹壳底部的自带火台底火的中心发火方式。1870 年，美国人伯当又将火台改制在弹壳上，使用了不带火台底火。随着枪弹的改进和药筒底火的使用，击针得以缩短，从而克服了最初的缺陷。德莱赛的后装击针枪设计成功后，普鲁士政府立即收买了这项发明，并保守着秘密。直到 1848 年这一项发明才为人所知。击针枪与其他机械相比，零件少

而且坚固，便于分解，射手能以任何一种姿势重新装弹，因而装弹快速，战斗射速可达到每分钟5发，射速有了明显提高。普鲁士军队于1840年装备击针枪，成为普鲁士在1866年普奥战争中取胜的重要原因之一。1866年，法国军队装备了沙斯波式击针枪，俄国军队装备了英国人卡莱式结构的确性击针枪，都产生了比较明显的效果。如前所述，最初的击针枪由于定装枪弹的不完善而存在缺陷。随着枪弹的改进，虽然针发的原理被保留下来，但击针枪作为特定时代的枪械，在19世纪70年代被更完善的步枪所取代。

在以往枪械制造技术的基础上，德国枪械设计师彼得·毛瑟于1863年设计出了举世闻名的“毛瑟枪”。在其兄威廉·毛瑟和美国人诺里斯的协助下，1868年在美国取得专利。1872年普鲁士政府决定以“毛瑟枪”装备军队，定名为“1871年式毛瑟步枪”。该枪口径11毫米，枪长1340毫米，枪重4.68公斤，无弹仓，射速每分钟4—5发，有效射程400米。它除汇集了以往的螺旋膛线技术，枪弹后装技术、枪弹定装技术、金属弹壳技术、底火技术、击针技术以外，还采用了可转动带机柄的枪机来实现开闭锁技术，手推枪机向前进弹，手拉枪机向后退壳。它是世界上第一支成功地采用金属弹壳枪弹的步枪。“毛瑟枪”的发明奠定了近代步枪的制式。1884年改进的M71/84式步枪，增加了一个平行设于枪管下方的管形弹仓。1888年的改进型口径缩小为7.92毫米，采用了无烟火药枪弹和枪机下方的5发垂直弹仓。1898年式毛瑟步枪，采用了流线型尖头弹丸，初速达每秒895米，有效射程达900米。M1906/08式毛瑟步枪则发展为导气式半自动步枪。1945年以前纳粹德国军队一直装备着毛瑟步枪，毛瑟98K步枪是第二次世界大战中德军步枪手的主要武器。毛瑟步枪问世后，很快传到了世界许多国家。中国早期仿制的毛瑟步枪，因其枪管外有一套筒，俗称“老套筒”。1893年在汉阳仿造的称为“汉阳式”(俗称“汉阳造”)，省去了外部的套筒。1906年在广州、上海仿造过98式毛瑟步枪。

1907年开始仿造6.8毫米毛瑟步枪,1912年定名为“元年式”步枪。1935年仿造的7.9毫米短管毛瑟步枪,称为“二四式”步枪。

第三节 枪械的自动化技术

枪械自动化技术是指利用发射火药气体的能量实现安全可靠的自动装填、发射、退壳与重新装填等一系列连续动作的技术。中国早在17世纪下半叶,欧美在19世纪中叶以前,就进行了机械自动化技术的探索。19世纪80年代到90年代,枪械自动化技术取得重大突破,自动枪械开始登上历史舞台。之后,大体上经历了重机枪、轻机枪、冲锋枪和新型机枪等几个发展阶段。

一、早期的探索

实现枪械自动化的探索可以追溯到15世纪。当时,人们为了提高武器的射速,增强火力的密度,从两条途径进行了探索。一是设计出了多枪管联装式火器,采用同时射击或各枪管依次射击,从而有效地提高了短时间内的射速。但是,该武器系统非常笨重,重新装填所花费的时间更长,总体上并没有明显地提高射速。二是采取多梯次装药的形式,设计出了多样的连发枪械。例如16世纪出现的连发喷射筒,在射击时先点燃最接近枪口的装药,然后依次点火发射以实现连发射击。中国同期也创制了类似的连珠铳。但这种连发喷射筒重新装填时间过长,各发枪弹的弹道性能不一致,安全性不好。后来,在连发喷射筒的基础上又设计出了具有滑动式火绳点火装置的连发火绳枪。此枪有8个点火药巢,与8个装药及其出火孔相对应,点火装置可沿滑板前后滑动,以便点燃相应的点火药。由于拉动点火装置的速度不同,便可得到不同的射速。在16世纪还出现了回转药室火枪,这种枪兼有卧式多管联装枪和多梯次装药枪的特点,它的药室是加工在转轮上的巢子,形成一个

与枪管相贴靠的单独部件，当转轮转动时，已装好枪弹的药室可以依次与枪管相吻合，从而实现了在短时间内提高射速的预想。现代的转轮手枪上仍保留了这种构造原理。上述两条途径的探索只是在很短的时间内实现了连续射击，而装填则花费了更长的时间，提高射速的目的没有真正达到。

要解决枪械的自动化，首先要提高枪弹的质量。早先关于枪械自动化的探索没有取得明显进展的原因之一是当时的枪弹尚未发展到连续射击所要求的水平。枪弹的发展除了组装方式、弹壳材料和弹体形状的不断改进外，发射药的改善是一个重要因素。早期的发射药是黑火药，它的威力小，烟雾大，特别是残渣多，对枪膛较重的污染成为枪弹连射的一个障碍。1863 年，德国人舒尔茨发明了无烟火药。1884 年，法国人维厄改进了无烟火药，它是以纤维素硝酸脂(硝化棉)为主要成分的单基药。1886 年，法国在枪弹中首次使用了无烟火药。1887 年瑞典人诺贝尔将硝化棉经硝化甘油塑化制得巴力斯太双基药。1889 年英国人阿贝尔和迪瓦尔发明柯达双基药。1937 年德国人在双基药的基础上加入硝基胍或类似成分制得三基药，进一步改善了火药的性能。这些无烟火药燃速较慢，并呈规律性燃烧，能量高，在相同的最大膛压情况下能够得到较大的平行压力，其火药气体能做较大的抛射功，因而能够在装药量减少的情况下得到较大的初速。同时无烟火药中的残渣少，大大减轻了火药气体对枪膛的污染，射击后的枪膛便于擦拭，这就为减小枪的口径排除了一大困难。然而，问题并没有完全解决。旧式铅制弹丸在新的内弹道条件下，会发生直脱现象，变形过度甚至溶化。对这些新出现的问题的研究与解决，使枪弹迈入了新的时期，被甲式弹丸开始问世。所谓被甲式弹丸，即将铅心装入被甲(由黄铜、白铜、低碳钢等制成)。1875 年首先在瑞士出现了带壳的弹头。弹壳和弹头壳最初大都采用黄铜制造，后来也采用了低碳钢或覆铜钢。19 世纪末，开始使用尖头船尾的流线型弹

头。枪弹发射药的改变和枪弹被甲化以及形状的合理化，为枪械的自动化创造了重要条件。

半自动化枪械尽管存在着许多技术上的难题，但人们依然坚定地迈开了探索的步伐，并取得了相当的成效。首开其先河的当属中国清朝康熙年间火器制造专家戴梓，他创造了一种连珠火铳。据史料记载，该铳有托，形似琵琶，铳背有弹仓可贮火药、铅丸 28 发，弹仓用机轮开闭。一扣扳机，火药、铅丸可自动落入膛内，同时与扳机咬合的燧石发火机解脱，打火点药发射枪弹。28 发射完，再重新装填弹药。打一次，须放开扳机，重新扣引，方能再发。这是历史上第一种机械式半自动武器。它靠人手扣扳机打开铳膛，送弹入膛不是靠弹簧等机构强制力，而靠重力“自落”膛中，它对射角的变化和铳面倾斜很敏感，工作可靠性较差，但是这种扣扳机，可使开铳、装弹和击发一次联动完成的机构在当时是一种相当巧妙的构思。约近 200 年以后，西方开始了研制半自动武器的历程。这种武器进行连续射击的动力来源于射手的体力。发射时，射手摇动或往复扳动手柄，利用自动机械传动装置带动武器各机构完成射击、退壳和重新装填等动作。1862 年，美国人加特林发明的手摇式机枪当属西方的第一种半自动武器。该枪用六支口径为 14.7 毫米的枪管安放在枪架上，使用时，射手转动曲柄，6 支枪管依次发射。美国南北内战期间，加特林机枪被装备于军队并赢得了盛名。1870—1871 年的普法战争期间，法军采用了列菲式机械半自动枪。该枪的特点是，有 25 支固定排列的枪管，枪弹装在具有 25 个与枪管相对应的弹巢的附加弹夹中，弹夹可沿枪膛线向前运动，弹夹内结合有 25 个枪机。该枪可进行 5 发或 25 发齐射，每分钟可达 125—150 发。全枪重达 800 公斤，机动性很差。1877—1878 年的俄土战争期间，俄国曾仿制了加特林式机械半自动枪。该枪有 10 支枪管，使用 11.4 毫米伯莱达枪弹，枪全重 224 公斤，射速可达每分钟 300 发左右。这类机械半自动枪由于确定了机架

模式，从而有效地解决了轻便和水平高低瞄准问题。但其机动性差，射程小，特别是实现连续射击的动力来源于射手的体力，还未从根本上解决“自动”的问题。因此，如何解决好连续射击的动力问题是枪械自动化的一个关键问题。首先在这个难题上取得重大突破的是柏塞麦。他在研究火炮自动化问题时，获得了一项重要成果，这就是利用火药气体的能量产生的武器的后坐力作为能源来实现枪机的自动开启。1876 年，贝列提出用弹带输弹。1882 年，美国设计了一种带活动枪机的裴岑捷式半自动卡宾枪。更早在 1863 年，美国人庇隆提出了采用复进簧贮备能量用以完成装填动作的方案。上述种种设想和尝试尽管不尽完善，却为新一代自动化枪械的出现准备了所有的必要条件。

二、马克沁机枪的产生和自动枪械制造技术的发展

马克沁机枪又称马克沁重机枪，是英籍美国人马克沁发明的。1883 年，马克沁汲取前人的研究成果，试验成功了枪管短后坐自动原理，将 1866 式温彻斯特步枪改制成为一种以火药燃气驱动的自动步枪。1884 年，他的枪管短后坐式自动原理和利用这种原理研制的机枪取得了专利。马克沁机枪是世界上第一挺以火药燃气为能源进行工作的自动武器。该枪采用枪管短后坐式自动原理，肘节式闭锁机构，发射 M71 式 11.43 毫米黑药枪弹，枪身重 27.2 公斤，连枪架重逾 40 公斤，使用 6.4 米容弹 333 发的帆布弹带供弹，枪管外部装有冷却水套，理论射速每分钟 600 发，可单、连发射击，还可调整为慢射速每分钟 100 发进行射击。机枪工作时，利用膛内火药燃气作动力，在枪管后坐时拨动装有枪弹的布料弹带，完成再装填动作，并由曲柄连杆式闭锁机完成每发的闭锁和击发动作。英军于 1893 年在罗得西亚战场上首先使用马克沁机枪。1904—1905 年的日俄战争中，该枪曾发挥重大作用。在第一次世界大战的索姆河会战中，1916 年 7 月 1 日英军向德军发起进攻，德军用马克沁重机枪等武器向密集队形的英军进行了猛烈持续的

射击，使英军一天之中伤亡了近6万人。中国早在1888年就试制过最初的马克沁机枪。1924年南京金陵兵工厂开始仿制较新的马克沁机枪，1935年定名为“民二四式”重机枪。20世纪50年代以前，马克沁机枪在中国使用很广，影响较大。

在马克沁重机枪发明之后，丹麦炮兵上尉麦德森发明了轻机枪，被称为麦德森机枪。轻机枪于1902年开始生产并投入市场。丹麦军队于1904年开始装备。它的最大特点是不用大型枪架，仅用枪身自带的两脚架，由射手抵肩射击。枪管改用气冷式，枪身外形似步枪。由于重量轻，机枪可以伴随小分队作战。该枪采用枪管后坐式自动原理，枪机摆动式闭锁机构，口径8毫米，枪长1169毫米，枪重9.98公斤，30发弹匣上方供弹，弹头初速每秒824米，理论射速每分钟400发，表尺射程2000米。它的性能可靠，结构简单，分解结合不用工具。有资料统计表明，该枪曾在34个国家销售和制造过，变型枪的口径从6.5—20毫米达12种之多，被誉为“可以发射所有步枪弹”的机枪。中国于1908年开始，在广州仿造麦德森机枪，但产量不大。

机枪发明以后，冲锋枪也于第一次世界大战期间开始出现。冲锋枪通常指以双手握持，发射手枪弹的连发武器。有些人称为“手提式机枪”。冲锋枪短小轻便，便于突然开火，携弹量大，火力猛烈，通常在200米内有良好杀伤效力。该枪结构简单，常采用自由枪机式自动原理，惯性闭锁方式，枪机较重，射击时震动较大，精度较差，由于手枪弹尺寸较小，重量较轻，可以配用大容量弹匣。弹匣通常设置在武器下方，少数设在侧方或上方。多采用开膛待击。简单的冲锋枪没有快慢机，仅能连发射击，长点射战斗射速每分钟100—120发。为了便于控制射击，提高射击精度，常设有小握把。枪托一般均可伸缩或折叠。一般认为，冲锋枪起源于第一次世界大战时期。为了适应阵地争夺战的需要，意大利人列维里于1915年采用延迟开锁式(即半自由枪机)的自动原理，设计了一

种发射9毫米手枪弹的双管轻型自动枪械。它被认为是冲锋枪的鼻祖。但该枪射速太高,精度很差,比较笨重,不宜实战,当时未被重视。1918年,德国人斯迈塞设计了9毫米MP18冲锋枪。其改进型MP18I型当年就装备了德国陆军。1936—1939年的西班牙内战期间,交战双方都曾大量使用了冲锋枪。第二次世界大战中,不同型号的冲锋枪得到了迅速发展和大量应用。大战后期,出现了发射中间型枪弹的自动枪械,它具有冲锋枪的密集火力和近于步枪的杀伤威力,一般称之为突击步枪。战后,特别是60年代以来,突击步枪兴起,冲锋枪已从大多数国家的军队中撤装,但微型冲锋枪得到了发展。

第一次世界大战后期,机枪向多样化发展,出现了各式特种机枪。大战后期,战场上出现了飞机和坦克等新型技术兵器,这就要求步兵有相应的防空和反装甲能力。为了提高机枪的威力,担负起防空和反坦克的双重任务,大口径高平两用机枪应运而生。所谓大口径机枪通常是指口径在12毫米以上的机枪,一般用于射击2000米以内的空中目标、地面薄壁装甲目标和火力点。1918年,德军首先装备了13.2毫米苏罗通机枪,随后英国装备了12.7毫米维克斯机枪,同时法、美、苏等国也先后装备了自己的产品。其中尤以美国的12.7毫米勃朗宁重型机枪最为有名,该枪1922年定型,1933年装备美军,服役达半个世纪以上。20世纪80年代以来,由于步兵摩托化、装甲化的进展迅速,车载大口径机枪的发展趋于活跃。在大口径机枪出现的同时,坦克机枪和航空机枪也得到了发展。坦克机枪是安装在坦克上的机枪,是早期坦克的主要作战武器。它包括并列机枪、航向机枪(前机枪)和高射机枪。并列机枪与坦克炮并列安装,与其共用一个火控系统,口径一般为7.62毫米,由一炮手(炮长)操作。高射机枪安装在炮塔门旋转架上,口径一般为12.7毫米,用以对空射击,也可对付地面目标,通常由二炮手(装填手)操作。有的坦克上还装有航向机枪,也称前

机枪，通常安装在车首驾驶员位置，口径一般为 7.62 毫米，其射击方向与坦克前进方向一致，由驾驶员操作。由于坦克内空间有限，因此坦克机枪的供弹机构和击发发射机构均采取了相应的措施。自从坦克采用了能发射穿甲弹的火炮后，机枪遂成了辅助武器。航空机枪是安装在航空器上口径小于 20 毫米的自动射击武器，分为固定式和旋转式两种，口径一般为 7.62 和 12.7 毫米。与航空机关炮相比，其重量轻，射速高，寿命长，但威力小，杀伤率低。作为飞机上使用的航空机枪，主要的技术要求是射速高，可靠性好，无需射手直接操纵。20 世纪 20 年代以后航空机枪得到迅速发展，但是 60 年代以后，在主战飞机上，它已被航炮取代而主要用于直升飞机。

第五章　火炮与坦克技术

随着近代科技的发展、黑火药的发明、冶金技术的进步，火炮与坦克相继出现，在人类战争史上，重武器开始出场，并在近现代战争中发挥了巨大作用。

第一节　火炮技术的产生

火炮，是指以发射药为能源，发射弹丸的口径在20毫米以上的身管射击武器。主要用于射击地面、水下和空中的目标，以歼灭、压制敌有生力量和技术兵器，以及摧残各种防御工事和军事设施，击毁各种装甲目标和完成其他特种射击任务。

一、滑膛炮的产生和发展

在中国元朝时，作为管形火器的竹管已开始被金属管所代替。先前以粗毛竹制做的突火枪，也变成用金属做的大型火铳。这种用金属制做的大型火铳，就是早期的火炮。早期火炮炮管的用途，只是为了给燃烧发射药提供一个容器，控制弹丸使它射向正确的方向。

中国的火药和火器西传后，火炮在欧洲开始发展。14世纪上半叶，欧洲开始制造出发射石弹的火炮。1346年克勒西会战时，英国国王爱德华三世统帅的部队就使用了短管射石炮。到1350年，火器已流传到西欧、南欧和中欧各国。百年战争中已使用生铁或青铜做成的火炮，发射铅弹、铁弹或铁器。1378年，德国制造成了铸铜炮和铸锡炮。15世纪时，开始出现了带炮耳的火炮。这种火炮有两个短轴装置在炮管的平衡点上，围绕该轴可使炮管仰俯。

16世纪中叶,欧洲出现了口径较小的青铜长管炮和熟铁锻成的长管炮,代替了以前的大口径短管炮臼炮。这些炮还采用了前车,便于快速行动和通过起伏地。16世纪末,出现了将子弹或金属碎片装在铁筒内制成的霰弹,用于杀伤人马。1600年前后,一些国家开始用药包式发射药,提高了发射速度和射击精度。

对炮手来说,最重要的是怎样才能简单迅速地调整火炮射程。枪炮等身管武器的射程、射击精度、毁伤效果及射击的安全性等要求,导致了弹道学的形成。弹道是指弹丸或其它发射体质心运动的轨迹。弹道学是研究各种弹丸或发射体从发射开始到终点的运动规律及伴随发生的有关现象的科学。它最早由内弹道学和外弹道学两大分支构成。以身管武器的膛口为界,对膛内的研究形成了膛内弹道学,对膛外的研究形成了膛外弹道学,分别简称为内弹道学和外弹道学。对火药在膛内的燃烧、弹丸在膛内的运动、膛内状况及其相互关系的研究,从18世纪开始,经历了一百年,形成了经典内弹道学。1793年,法国力学、数学家J-L·拉格朗日对膛内气流现象提出了气流速度按线性分布的假设,此后,内弹道能量方程、密闭爆发器内火药燃气的状态方程、几何燃烧定律等相继建立和提出,到19世纪末,形成了以几何燃烧定律和拉格朗日假设为基础的内弹道学理论。对弹丸或发射体在空中的运动规律及相关现象的研究,导致了外弹道学的诞生。在弹丸飞行的轨迹方面,16世纪前期,意大利数学家塔尔塔利亚发现炮弹在真空中以45度射角发射时射程最大的规律,在他的著作《新科学》中还提出了弹道是曲线形状的理论。17世纪,意大利物理学家伽利略提出弹道抛物线理论,指出弹丸飞行的轨迹是抛物线形的,从而纠正了人们认为炮弹在垂直下落之前是直线飞行的错误概念。此后,英国的数学家本杰明·罗宾斯发明了一种名为弹道摆的装置,用于测量初速。他还提出了若使弹丸在穿过大气时能自身旋转,将会提高弹丸的飞行稳定性。17世纪30年代,伽利略导出了只考虑恒定重

力作用的真空弹道方程,1687年,英国科学家牛顿第一个提出了不同速度下的弹丸阻力定律和相关的弹道解法,为准确描绘外弹道提供了理论依据。弹道学的诞生,为身管武器的身管制造、膛内设计、火药性质药量形状的改进选择、弹丸外形设计、弹道表的制定、射击诸元的确定,以至整个武器系统的设计,提供了理论依据和保证。

在此期间,瑞典国王古斯塔夫·阿道夫在位时,采取减轻火炮重量和使火炮标准化的办法,提高了火炮的机动性。1697年,欧洲用装满火药的管子代替点火孔内的散装火药,简化了瞄准和装填过程。17世纪末,欧洲大多数国家使用了榴弹炮。18世纪中叶,普鲁士国王弗里德里希二世和法国炮兵总监格里博弗尔曾致力于提高火炮的机动性和推动火炮的标准化。英、法等国经多次试验,统一了火炮口径,使火炮各部分的金属重量比例更为恰当。19世纪初,英国采用了榴霰弹,并用空炸引信保证榴霰弹适时爆炸,提高了火炮威力。这时火炮所用的炮管,其内壁光滑,发射的是实心弹,部分火炮发射球形爆炸弹、霰弹和榴霰弹,所以将这种炮称为滑膛炮。

二、线膛炮技术的采用

早期的炮弹装填是由炮管的前端放下,沿光滑的炮管内壁滑入炮管内的。这种前装滑膛炮所用的球形炮弹在使用中装填不便,威力也较小,后来为长圆形炮弹所代替。长圆形炮弹虽然装药量多,杀伤威力大,使用也较方便,然而它由火炮发射后,在空中象个醉汉,不是东倒西歪地摇晃,就是头朝后翻跟头,既射不远,也打不准。这种前装滑膛炮的射速慢、射程近、射击精度差的缺陷,与枪械的进步形成鲜明对比。此时,线膛枪技术有了重大的突破并大量装备部队,从而使炮手在较远的距离上就会受到枪手的威胁。

19世纪初,在线膛枪的启发下,欧洲许多国家进行了线膛炮的试验。最初的线膛炮是直膛线的,主要目的是为了前装弹丸方

便，与滑膛炮相比，其火炮的基本缺陷并没有得到多少改进。1846年，意大利卡瓦利少校制成了螺旋膛线炮，发射锥头柱体长形爆炸弹。螺旋膛线使弹丸旋转，飞行稳定，提高了火炮威力和射击精度，增大了火炮射程。在线膛炮出现的同时，炮闩也得到了改善，炮弹的装填也从前装发展为后装，发射速度明显提高。线膛的采用是火炮结构上的一次重大变革，螺旋膛线炮的出现标志着真正意义的近代火炮的诞生。

三、反后坐装置和无后坐力炮的创制

一般的火炮在射击时，由于弹丸获得的一个向前的速度，根据物理学的动量守恒原理，炮身必定获得一个向后的速度，这就是后坐力。炮在发射时，后坐力很大，往往要后坐10多米远，有时还会出现左右横跳，甚至炮口倒转过来，危及射手的安全。19世纪末以前，炮身通过耳轴与炮架相连接，这种火炮的炮架称为刚性炮架。刚性炮架在火炮发射时，后坐力直接传给炮架，使得火炮的方向和位置发生较大的偏移，破坏了瞄准，发射速度慢，威力提高受到限制。为了加强火炮承受后坐力的能力，不得不把炮架造得很大，又造成火炮笨重，机动性差。要提高发射精度、发射速度和提高火炮的机动性，就必须想法消除后坐力。这就促使了火炮反后坐装置的产生。

最早提出反后坐设想的是意大利人达·芬奇。他留下了一幅用一根炮管将两发炮弹同时向相反的方向射击的草图，其意图在于用两发反向射击的炮弹的后坐力彼此抵消。“双头炮”的方案虽然难于实现，但是它向人们指出了消除后坐力的途径，即可以用同时向后抛射另一颗平衡弹来抵消后坐力。这实际上是早于牛顿200年对反作用定律的揭示和运用。它也是设计无后坐力炮的基本原则和依据。

19世纪末期，法国研制成了一种利用火药气体后坐力使炮身复位的反后坐装置(液压气动式驻退复进机)，炮身与炮架通过这

种装置相连接。该装置一方面能吸收射击时作用在火炮上的后坐力，另一方面还可使火炮复进到射击前的原有位置，即具有驻退和复进两种功能。这一设计思想在现代火炮中仍然被遵循，这就是现代火炮上的驻退机和复进机。其工作过程是：后坐力迫使驻退液通过一个小孔流动，转化为热能，吸收一部分后坐能量，与此同时，火炮的后坐运动压缩驻退筒里的空气，吸收另一部分后坐能量。后坐力一消耗殆尽，压缩空气即膨胀，使身管复位。与刚性炮架相比，这种弹性炮架火炮发射时，因反后坐装置的缓冲，作用在炮架上的力大为减小，发射时火炮不致移位，从而提高了火炮的发射速度和射击精度。但它却使火炮的结构复杂，并因为其自身性能还不完善，不能有效地减少火炮重量，机动性也无明显提高。但这种反后坐的思路是正确的，现代火炮的反后坐装置不过是这种装置的改进和完善。

克服火炮后坐的努力再向前一步，就是如何消除火炮的后坐力，制造出无后坐力炮。1914 年，美国海军少校戴维斯在达·芬奇"双头炮"设想的基础上，发明了"戴维斯炮"。两颗弹丸尾接尾地放在一根两端开口的炮管中发射。发射前，两颗弹丸尾对尾地放在炮管的中部，其中向后发射的那颗平衡弹是粘接而成的假弹丸。发射时，真弹丸向前飞向敌方阵地，平衡弹向后运动以抵消火炮发射时的后坐力。发射后，假弹丸变成许多碎片散落在炮后不远的地方，炮手只要躲避开这个危险区就不会造成伤害。这是世界上第一门无后坐力炮。为了克服戴维斯炮平衡弹可能造成的危险性，俄国人梁布兴斯基于 1917 年采用了更为简便的措施，改进了平衡弹，直接用向后喷出的火药气体来进行平衡，这就是"火药气体平衡弹"。采用这种气体平衡弹后，发射固体弹的后半截炮管也就没有用了，等于将戴维斯炮缩短了一半。后来，人们又在去掉后半截炮管的部位安上喷管，使流过喷管的气体速度增大，从而减少了喷出的火药气体量。1936 年，苏联在此基础上制成了带喷管的

口径为76.2毫米的无后坐炮。无坐力炮体积小、重量轻，结构简单，操作方便，适于步兵携带。第二次世界大战期间，由于空心装药破甲弹的应用，无坐力炮成为有效的近距离反坦克武器。

第二节　专用火炮技术的发展

火炮在产生和发展过程中由于其巨大的威力，受到了人们的普遍关注。为了适应战争的需要，人们不断地进行研究，根据不同的作战需求设计和制造出榴弹炮、加农炮、迫击炮、高射炮、反坦克炮、火箭炮等等炮种，由此形成了性能各异的专用火炮技术。

一、榴弹炮和加农炮的技术发展

榴弹炮是一种身管较短、弹道较弯曲的火炮。它的初速较小；射角较大，弹丸的落角也大，杀伤和爆破效果好；采取多级变装药，能获得不同的初速，便于在较大纵深内实施火力机动。它适于对水平目标射击，主要用于歼灭、压制暴露的和隐蔽的（遮蔽物后面的）有生力量和技术兵器，破坏工程设施、桥梁、交通枢纽等，是地面炮兵的主要炮种之一。15世纪，荷兰人首先研制成功了榴弹炮，当时，它既有射程远和打得准的优点，又有较好的机动性，因而很快成为欧洲各国军队中的制式装备武器。榴弹炮起初主要用来发射榴弹等弹药并因此而得名。榴弹是由形状类似于石榴一样的榴霰弹演变而来的。早期的榴霰弹就是里面装有石块的石霰弹。17世纪，欧洲把发射爆炸弹的射角较大的火炮称为榴弹炮。16世纪中叶，榴弹炮已开始采用一种带有木制引信管的球形爆破榴弹，这种弹由于有信管控制爆破时机，威力较大，能破坏敌人坚固的石质工事。以后，英国人什拉波聂里等人又研制成功球形榴霰弹等弹种，使榴弹炮的威力有了显著的提高。17世纪初，榴弹炮已开始用于野战。到了19世纪下半期，榴弹炮已由前装滑膛炮改为后

装线膛炮，相应的球形爆破榴弹发展成有弹带的长圆柱形弹丸。19世纪中叶，榴弹炮采用了变装药，射角为12度至30度，炮身长为口径的7至10倍。第一次世界大战中，许多国家的军队竞相装备和使用榴弹炮，使榴弹炮及其相应技术得到迅速发展。当时，榴弹炮身长为口径的15至22倍，最大射程可达14200米，最大射角达45度，弹道曲率较大，对障碍物背后的隐蔽目标有较大的杀伤破坏作用。德军攻击比利时要塞时，曾使用口径为420毫米M型榴弹炮，其最大射程为9300米，弹重1200千克。第二次世界大战期间，有些国家不再发展口径在203毫米以上的重榴弹炮。这一时期，榴弹炮的炮身长已增大为口径的20至30倍，初速因此得到了提高，可达635米/秒。与此同时，最大射角增大到65度，最大射程可达18100米。

加农炮是一种身管长、弹道低伸的火炮。它的身管长、初速大、射程远、弹道低伸、变装药号数少，适用于对装甲目标、垂直目标和远距离目标射击。加农炮的“加农”，是根据英文“Cannon”的译音而来的，原意是长圆筒。15世纪，欧洲各国的陆军就使用过各种不同口径的长管火炮，当时人们并不懂得弹道理论，这类火炮之所以做成长身管是由于人们企图通过长身管能增加装药量来弥补火药质量的不足。16世纪中叶，为了提高火炮的初速和射程，人们开始制造身管较榴弹炮为长的火炮。1756年，俄国人马尔梯诺夫制成了一种身管长度介于榴弹炮和加农炮之间的“独角兽”炮，这种炮因在炮身上刻有独角兽标志而得名，其身管长为口径的10倍。欧洲各国纷纷仿制和改进，他们将这种炮称为“长炮身的榴弹炮”。18世纪，欧洲的加农炮炮身长度一般为口径的22至26倍。20世纪20年代，出现了具有加农炮弹道特性的专用火炮。加农炮问世后，人们逐渐认识到，火炮的身管越长，火药对弹丸的作用时间就越长，初速就越高，射程就越远。1918年，德国制造了轰动世界的巨人加农炮——巴黎大炮，其口径为210毫米，炮身长

37 米，是其口径的 176 倍还多。在第一次世界大战中，德军在距巴黎 120 千米外，用该炮轰击了巴黎。由于这门炮的膛压特别高，后坐力特别大，要求炮架十分坚固，结果整个火炮显得过于笨重，其总重量达 750 吨，这就给运输和操纵造成很多困难。同时，由于膛压高和初速大，加上炮弹过重，使炮管膛线磨损严重，大大降低了使用寿命。这使人们认识到，单纯以增长身管来达到超远射程是不可取的。第二次世界大战前后，随着坦克的出现、坦克性能的提高，对加农炮的要求也越来越高，改进加农炮的途径就从加大口径而变为缩小口径、提高炮弹质量和机动能力，口径在 105 至 180 毫米之间的加农炮得到迅速发展。此时的加农炮炮身长为口径的 30 至 52 倍，初速达 880 米/秒，最大射程达 30000 米。

二、迫击炮的发明及其技术进步

迫击炮是一种带有座钣的实施曲射的近程步兵火炮。它是杀伤开阔地和掩蔽地内（掩体内、堑壕内、高地反面斜坡上、地褶内等）的敌人有生力量和军事技术装备，也是破坏各种野战工事的威力强大的火炮。它的特点是：射速大，具有足够的射击精度，重量轻、结构简单，射击装备简便，在任何天气条件下、在起伏地和难以通行的地形条件下都能够使用，而且不易发生故障。

世界上第一门迫击炮是 1904 年的 9—10 月由俄军研制的。它的射程为 50 至 400 米，使用超口径和杆迫击炮弹，弹重 11.5 公斤，射角为 45 度至 65 度。因为其轻便和威力大，其他国家也开始研制各种口径的迫击炮。迫击炮最初是为了杀伤堑壕内的隐蔽之敌，俄军就是用 47mm 的轻型加农炮装在一个带有车轮的炮架上，以较大的射角发射超口径长尾迫击炮弹，有效地杀伤了堑壕里的日军。第一次世界大战后不久，由于阵地战的发展，一般火炮不能有效地射击接近前沿的隐蔽之敌，因此，迫击炮大量地应用于战场。由于当时迫击炮在技术上还很不完善，为了加大迫击炮的威力，除增大口径外，大都采用了超口径炮弹，装填时只是弹尾装入

膛内,而弹体露在炮口外面。当时迫击炮一般都比较笨重,而且运动性能差,改变射向困难,发射速度低,射程近(大多为几百米)射弹散布大。但由于它的弹道弯曲,具有较大的破甲力和杀伤力,能够执行其它火炮不能完成的任务,同时便于同步兵的协同作战,所以还是受到了步兵的欢迎。

1917—1918 年间,迫击炮有了很大的改进,出现了同口径炮弹,机动性也有了明显的提高。法军和英军曾装备过的 1918 年式斯托克司型 81 毫米迫击炮,发射带尾翼的滴状同口径炮弹,基本药管置于炮弹的稳定管内,附加药包被装在带径向孔的稳定管上。由于射角大,炮弹和装药可以从炮口一起装入炮膛,借自重滑到膛底,触及固定在膛底的击针而击发。这种迫击炮的另一个特点是它由炮身、双脚架和座钣三大件组成,炮身与双脚架之间是刚性连接。它结构简单使用轻便,引起了各国的注意,并成为第一次世界大战后各国研制迫击炮的雏形。这种迫击炮的主要缺点是射击密集度不好。1927 年,法国制成了同口径的尾翼稳定迫击炮弹,并且制成了炮身与炮架之间有缓冲机的斯托克司——勃朗型 81 毫米迫击炮。这种迫击炮的主要特点是射击密集度有了极大的提高,很快被各国所采用,至今各国装备的绝大多数中、小口径迫击炮,其主要结构都和它相似。

第二次世界大战中,为了摧毁敌人坚固的防御工事,需要更为强大的迫击炮,提出了研制大口径重型迫击炮的要求。大口径迫击炮与同口径一般火炮相比,重量轻,弹丸的爆破威力大,而且弹道弯曲。第二次世界大战后期以及战后,许多国家努力研制大口径迫击炮。苏联军队装备的 240 毫米迫击炮,它的战斗全重为 4150 公斤,最大射程 9700 米,炮弹重 130.7 公斤,它还可以发射原子弹。但这种迫击炮构件大,结构复杂,装填困难。从制造、使用和机动性方面来看,大口径迫击炮显得复杂而笨重,失去了迫击炮轻便、灵活、射速快及射击准备时间短等许多优点。今天,大口

径迫击炮在各国军队装备中已逐渐减少。

三、高射炮与反坦克炮的发明

高射炮是从地面对空中目标射击的火炮。1870 年普法战争时，受到德军包围的巴黎利用气球和外界取得联系。为切断巴黎与外界的联系，德军制造了专打气球的火炮，这可算是高射炮的初始原型。该炮的口径为 37 毫米，装在可以灵活移动的四轮车上。20 世纪初，飞艇和飞机相继升上了天空。德军根据当年法国人乘气球突破严密防线的经验，预感到那时还未配备任何武器的飞机和飞艇可能带来的威胁，组织研制对付这些飞行器的专用火炮。1906 年，50 毫米高射炮在德国正式诞生，这门火炮装在汽车上，有防护装甲，炮管长约 1.5 米，相当于口径的 30 倍，发射榴弹时的初速可达每秒 572 米，最大射高为 4200 米。两年后，德国克虏伯兵工厂制造出了开始使用门式炮架，利用控制手轮调整高低射角的高射炮。在这一时期，法国、意大利、俄国也先后制成了高射炮。在第一次世界大战中，高射炮在防空中发挥了重要作用。1918 年 9 月，德国出动 50 架飞机轰炸巴黎，结果只有一架飞机返回，其余 49 架全被高射炮击落。到 30 年代，小口径高射炮已经配有自动瞄准具，并采用半自动炮闩、引信测合机和装填机构。第二次世界大战期间，由于飞机性能的提高，高射炮的结构和性能也相应地得到了提高，到二次大战结束时，高射炮采用了长炮管，以大幅度提高初速和射高，有的小口径高射炮的炮管长度已达到口径的 70 倍，初速达到每秒 1000 米左右，比原来提高约 50%；中口径高射炮的射高有的比原来增大了 3 至 4 倍，达到 10000 米以上。这时的高射炮一般都采用了一些较先进的瞄准射击装置，如环形瞄准具、航路指示器和距离装定设备等，提高了瞄准精度和命中率。在小口径高射炮上配备了装填和复进等装置，实现了连发射击，中、大口径高射炮则采用了机械输弹设备，使火炮的发射速度得以提高，有的中口径高射炮的射速达到每分钟 25 发。配备指挥仪、雷

达、测距机等观测、瞄准和指挥设备，就组成了高射炮系统，这可使高射炮的作战能力得到全面的提高。

反坦克炮是主要用于对坦克和其它装甲目标射击的火炮。反坦克炮实际上是一种加农炮，具有弹道低伸、初速高、发射速度快的特点，主要用于毁伤敌坦克和装甲车辆，也可用于破坏野战工事，压制和歼灭敌有生力量和火器，以及执行各种火力任务。1916年坦克在战场上首次亮相之后，尽管使用了反坦克枪、喷火器和手榴弹以及野炮来对付坦克，但一直没有专门对付坦克的反坦克炮。30年代初期，在欧洲一些国家出现了专门对付坦克的反坦克炮，但这些反坦克炮口径多为20毫米，威力都较小，难以与坦克相对抗。1933年，瑞典和德国研制成了37毫米口径的反坦克炮，并在第二次世界大战中得到了广泛的应用。第二次世界大战中，坦克的防护性能进一步改善，反坦克炮的口径随之增大。德国于1943年制成了88毫米的反坦克炮，苏联则制成了口径达100毫米的反坦克炮。反坦克炮所用的炮弹主要是穿甲弹、破甲弹、碎甲弹三种。早在19世纪中期，由于装甲战船的出现，产生了用滑膛炮发射的初始穿甲弹。坦克在第一次世界大战中出现后，促使人们对穿甲弹作了进一步的改进，出现了穿甲主体与穿甲弹弹体口径相同的适口径穿甲弹，其尖头、钝头穿甲弹主要用来对付均质装甲，弹头上加有风帽和被帽的被帽穿甲弹因其穿甲能力强，被用来对付表面经硬化处理的非均质装甲。第二次世界大战中，重型坦克开始投入战场，其装甲厚度达到150至200毫米，为对付这样的坦克，出现了一种次口径超速穿甲弹。这种次口径超速穿甲弹的弹体内，有一个用硬质合金制做的弹芯。由于穿甲弹是依靠弹丸的动能来穿透装甲的，因而当弹丸以高速撞击装甲时，强度高和直径细小的弹芯就能把大部分能量集中在装甲的很小面积上，一下子就可将装甲穿透。1941年德军服役的反坦克炮使用的穿甲弹的弹芯就有高强度的钢芯和强度更高的钨芯。破甲弹的作用原理和

穿甲弹不同，它主要不是靠动能，而是利用“聚能效应”来击穿装甲，这种“聚能效应”也称“门罗效应”，是门罗在1888年做炸药试验时发现的。这种将炸药爆炸能量聚集起来的效应，是通过在药柱端面上的锥形槽产生的。后来，有人又在锥形槽上加了一个金属罩（称为药形罩），使能量更进一步增大。当引爆药柱时，就会在锥形槽的轴线上产生一股高速（达9000至10000米/秒）、高温（摄氏1000度以上）和高压（100万大气压以上）的金属射流，能将很厚的金属板击穿。实际上，这种聚能效应早在18世纪时就被广泛用于采矿上。1936年，德国在西班牙内战时首先将它应用于军事上，制成了对付坦克装甲的聚能破甲弹，也就是“空心装药破甲弹”。反坦克炮还使用一种威力更大的炮弹——碎甲弹，它是在20世纪60年代才产生的。

四、火箭炮的诞生

火箭炮是火箭弹的发射装置。它是火箭弹的点火具并赋予火箭弹初始飞行方向。火箭炮为多管火炮，可以齐射，其威力大，火力猛，射程远，机动性好，可用以消灭敌有生力量、击毁各种武器装置和防御工事，能提供大面积瞬时密集火力，具有很大的杀伤威力，并有震慑对敌方精神、摧垮敌方意志的威慑力。13世纪时，在欧洲作战中曾大量使用过火箭武器。后来，由于线膛炮和反后坐装置的出现，火箭炮被逐渐冷落下来。20世纪初，由于双基推进剂的应用，火箭炮得以发展。1939年，苏联研制成功“喀秋莎”火箭炮。这种火箭炮为轨道式自行火箭炮，口径132毫米，共有8条发射滑轨，滑轨的上下各有一个导向槽，每一个槽中可挂一枚火箭弹，一门这样的火箭炮可挂16枚火箭弹。它既可以单射，也可部分连射，或者一次齐射，发射出16枚火箭弹。整个火炮装在一辆汽车上，有较强的机动性。它的最大射程为8.6公里，重新装填一次齐射的火箭弹约需5至10分钟，而齐射一次仅需7至10秒钟，可在短时间内在主要方向上，形成密集的火力。由18门“喀秋莎”

火箭炮组成的炮兵营，一次齐射就可发射288发火箭弹。“喀秋莎”火箭炮在第二次世界大战中发挥了巨大的作用，对于苏军最终取得反法西斯战争的胜利功不可没。在战争后期以及战后，苏联军人常常把“喀秋莎”的鸣响看作是进攻的号角和胜利的礼炮。德国在1941至1942年间，也研制成功了多管火箭炮，主要是为了使用军用毒剂，所以也称为“化学火箭炮”。这些火箭炮一般具有5至6个或10个发射管，它们在射程、威力等方面比“喀秋莎”及其改进型的火箭炮要差一些。德国研制的火箭炮在第二次世界大战中没有发挥多大的作用。有关火箭的技术特性，第15章有具体介绍。

第三节　坦克技术的产生和发展

坦克，是一种具有强大直射火力，高度越野机动性和坚固防护力的履带式装甲战斗车辆。它是地面作战的主要突击兵器和装甲兵的基本装备，主要用于与敌方坦克和其它装甲车辆的作战，也可以压制、消灭反坦克武器，摧毁野战工事，歼灭敌人的有生力量。“坦克”一词是英语“tank”的音译，原意是指储存液体或气体的容器。为了保密，这种战斗车辆在首次参战前被取了这一名称，后一直沿用到今天。坦克的发明和技术改进开始了陆军机械化的新时期。

一、坦克技术的产生

坦克不仅具有强大的火力和良好的机动性，而且有很强的装甲防护力。坦克自1916年投入战场以来，经过70多年的战斗考验，证明它是地面战场威力强大、攻防兼备的进攻性近战武器。以坦克和装甲车为主体的机械化部队已成为各国陆军的突击力量。集中使用大量坦克和装甲车，实施宽正面、大纵深、高速度、多梯次

的猛烈进攻，已成为现代地面战的一大特点。

乘车战斗的历史，可以追溯到古代。中国早在夏代就有了由狩猎用车演变而来的马拉战车。公元前2000年，亚述人就曾使用轮转式小车，研究过机动作战的战术，并取得了很大的成功。公元前612年，亚述人被米堤亚人打败后，阿凯米人又继续对机动作战进行了发展。至今还可以看到，在中东地区，尤其在古代波斯人居住的疆域内的许多石雕上雕刻着一些小车，它们有的作为防御的平台，有的作为运输工具，这可以看作现代坦克的前身。

现代坦克诞生的基本原因有两个，一是必要的技术准备，二是战争的需要。就技术前提来说，汽车、拖拉机都已产生，枪炮制造和冶金技术都达到了较高的水平。由于产生了履带推进装置，大功率小体积的内燃机，轻而坚固的装甲板，这就为坦克的产生准备了技术条件。这些技术被军事家们接受有一个过程，由于早期的车辆很不可靠，再加上军事权威们对发明所持有的本能的怀疑态度，这种车辆并未被军方采用，直到1910年才出现了一些主要以大型轿车或卡车底盘为基础的装甲车辆。就战争的需要来说，第一次世界大战中出现了纵深梯次配置的坚固防线，大量的机枪与铁丝网障碍物、堑壕等防御工事相结合，使防御异常坚固，使进攻一方在作战过程中不得不寻找一种新式武器，以突破敌人防御。

1915年，各强国军队都在致力于生产这样一种装置。英国对越野车辆没有投入像美国那样大量的研究。对于美国来说，需要穿越广阔的不发达地区，并开垦那里的土地。这种需要启发了美国人，他们研制了几种越野车。早期的尝试是直接发展“大轮子”车辆，但很快发现，由于要越过预计要遇到的障碍的车轮尺寸很大，因而使车辆的尺寸也越来越大，重量越来越大，这种大尺寸、大重量车辆的机动性很难得到保证。后来，“踏步式”车如Diplock轮式车风行一时。但是，这种车辆的构造非常复杂，不便维修，而且只比普通农用大型拖拉机略具优越性。当时最具有竞争力的是

全部由英国制造的"佩德累尔"履带式拖拉机和美国的"基伦·斯特雷特"及"布洛克"拖拉机，于是人们的注意力转而集中到履带式车辆上。实践证明，所有这些装置或多或少都能满足某些战场机动性的要求。但当时问题的关键在于如何把这种农用拖拉机发展成为一种作战工具。

二、英国的Ⅰ型坦克技术

有两个人在坦克的诞生上起到了关键性的作用，这就是身为英国海军大臣的温斯顿·丘吉尔和英国皇家工兵的欧内斯特·斯温顿中校。丘吉尔积极倡导坦克的发明，并促使英国皇家海军关心"陆地巡洋舰"的发展，使英国海军高级领导机关对陆战施加一些影响。在后来的一个时期，当海军的兴趣减弱时，斯温顿中校一再坚持自己的观点，倡导坦克的研制，并得到谨慎的总参谋部的支持。斯温顿能够把军队的要求加以更确切的解释，更重要的是他能够用某种方式描述该要求，让工程技术人员明白这种要求，并根据要求绘制成生产图纸。他最初提出了坦克的技术要求：8 英尺宽越壕能力，每小时 4 英里速度，以及爬 5 英尺高墙的能力。把跨越 8 英尺宽的壕沟和冲破带铁丝网的能力作为车辆首先考虑的事，导致了对车辆的重新评价。第一次世界大战期间，英国就根据这种标准制造出传统的长菱形坦克，这就是英国于 1915 年 8 月在履带式拖拉机的基础上制造出的第一辆坦克样车"小游民"坦克。该车重 18.3 吨，发动机功率 105 马力，时速 3.2 公里，乘员 2 人，另有射手 2—4 人，车上装有一门发射 2 磅炮弹(口径 40 毫米)的火炮和数挺机枪，钢板厚 6 毫米。由于其通过障碍的能力不能满足要求，1916 年初又制造了第二辆坦克样车"大游民"，这种坦克定型投产后称Ⅰ型坦克。该车重 27.4—28.4 吨，发动机功率 105 马力，时速达 6 英里，乘员 8 人，装 2 门发射 6 磅炮弹(口径 57 毫米)的火炮和 4 挺机枪，或只装 5 挺机枪。车体长 9.75 米，比"小游民"坦克长将近一倍，采用过顶长履带环结构，悬挂装置无弹性

元件。

Ⅰ型坦克诞生后，很快就投入了战争。1916年7月，英法联军在法国北部索姆地区对德军发动了规模巨大的进攻。在海军部长丘吉尔的热情支持下，英国在9月15日将派到法国的两个坦克连的60辆坦克投入战斗，希望借此重新发动在索姆地区陷入停顿的进攻。但由于坦克质量太差，准备不充分，指挥上又毫无经验，60辆坦克中开出车场的有49辆，结果有17辆发生技术故障未能到达进攻出发阵地，在接敌过程中又有14辆因故障而中途停顿或淤陷，真正参加战斗的只有18辆坦克。有10辆坦克因种种原因被德军炮火击坏，7辆受轻微损伤，只有一辆完好返回。但它毕竟是一种新式武器首次出现在战场上，不仅震撼了敌军，也鼓舞了士气，使盟军得以推进了4—5公里。

早期的坦克的履带都通过车体顶部两侧并构成一个完整的闭合圈。这种结构使得履带前部的最大高度非常接近车体的最大高度，使坦克具有良好的爬坡能力，但却不能把已有的旋转炮塔技术运用到坦克上，不可能把旋转炮塔安装在车体的顶部。由于当时坦克的时速只有5—6英里，因而悬挂系统还不是主要部件，实际上当时还没有设计出任何一种悬挂系统。坦克行走时势必给车内乘员带来很大的颠簸，再加上105马力发动机产生的热量，噪音及烟雾，使坦克乘员的乘坐环境非常恶劣。当时的装甲防护只是铆在框架上的锅炉钢板，上面有许多小裂缝，灼热的子弹碎片就从这里钻入车内。为了对付这种情况，车内乘员不得不穿上防弹衣，戴上面罩，这又给乘员带来更大的不适。这时，坦克的推进系统是这样的：发动机安装在坦克的中央，正好在驾驶员的身后，通过离合器接到一级齿轮箱和差速器上，并外接到两侧的转向齿轮箱，传动力通过滚动链条传给主动轮，车辆的转向和其它履带车辆一样，是通过降低一条履带的速度提高另一条履带的速度来实现的。车长根据需要的方向给两个驾驶员以信号叫他们加速、减速或实现车

子转向。

稍后的法国“雷诺”型坦克比起英国的Ⅰ型坦克有了较大的进步。在结构上，它改变了过顶式履带，装有单个旋转式炮塔；为了克服随着车速的提高越来越突出的颠簸，在坦克上加上了弹性悬挂装置。“雷诺”型坦克技术的完善，优越的性能，使之成为第一次世界大战中数量最多的坦克，一战后为其它国家所仿效。在此期间，美国人沃尔特·克里斯蒂完成了一系列的设计，这些设计对坦克设计产生了深远的影响。起初克里斯蒂参与了制造一种既能靠履带也能靠轮子行驶的车辆，这较好地避免了全履带在当时固有的不可靠性。经过几种试验战车的研制之后，克里斯蒂集中力量制造了一种快速、可靠并能保持较高平均越野速度的履带式战车。克里斯蒂的设计水平在 M1931 式车上达到了顶峰。该设计体现了他的高功率重量比的思想，以及通过曲柄和螺旋弹簧，使每个负重轮分别得到缓冲，从而实现防震。虽然美国购买了几辆这种车，然而，他们从未认真对待过这种设计，而俄国人购买了两辆车后认真把它发展成为第二次世界大战著名的 T－34 坦克。

任何新式武器的诞生都会或多或少地对军事思想产生影响，坦克是对军事思想产生重大影响的新式武器之一。在英国，不仅仅是英国，人们相信需要两种类型的坦克。一种是快速、高机动性的轻型坦克，它将以军舰在海上互相交战的方式在战场上与其它坦克交战。这种坦克的唯一任务是摧毁敌方的人员和装甲战车，为此只需为它配备足够的武器即可。另一种坦克是为了支援步兵而设计的，因此它只需以步兵的速度前进，但要求重型防护，而武器只要能够对付敌人的步兵武器即可。这一思想导致了重型、轻型，以及介于这两者之间的中型坦克等不同型号坦克的研制。占统治地位的是把坦克仅仅看作是突破的工具，与骑兵相似，起到辅助步兵的作用，甚至认为坦克的主要价值在于对士气的影响，它的真正目的是威慑而不是摧毁敌人。而在第一次世界大战中首先尝

到坦克苦头的德国人如古德里安却看到了机动作战的意义和作用，他主张在新的战争态势下要进行闪电战，其核心思想就是要在敌人尚未来得及展开其主要兵力和资源之前，即以迅雷不及掩耳之势将其击败。为此，就需要建立人数众多的军队，而核心是坦克兵，步兵只能用于巩固坦克兵取得的胜利，炮兵也应按照坦克兵的需要提高其机动性，把坦克放在战争的核心地位。发展了的军事思想对坦克技术提出了更高的要求，而第二次世界大战的实际需要，又使得这些要求很快成为现实。

三、二战中坦克技术的发展

虽然研究装甲兵理论的人赞成坦克发展不可避免的结果将引起坦克对坦克的作战，但第二次世界大战爆发之际，陆军中具有反坦克能力的坦克却很少。从法国加厚坦克装甲，英国提高坦克机动能力的情况看，各国已经从一般意义上模糊地预见到坦克战的可能性。由于战场作战的直接需要，各国都在探索某种能兼顾火力、机动性和装甲防护性的设计方案，同时又不同程度地重视通信设备、监视装置、消音装置等设备在坦克上的运用，以及坦克整体的可靠性、可维修性、成本以及使用寿命。

对于不同应用目的的坦克有不同的要求，侦察车优先考虑机动性；主战坦克则优先考虑火力，同时考虑机动性和防护力。战争初期，德国坦克上已经装备了无线电(报)话设备，已经能够借此对装甲部队进行控制和指挥，并开始尝试将88毫米的火炮安装在坦克上。二战中出现的一种比较好的坦克是英国的“百人队长”。该坦克从1943年开始设计，造出的几辆样车于1945年送往欧洲大陆，但从未参加过战斗。它成功地在坦克上配置了高速火炮，其改进型上还装上了火炮稳定器。这种坦克长时间在世界许多地区服役并连续发展了13个型号，后来在很多方面它成为衡量任何一种坦克性能的样板，直至1960年还是这样，包括美国的M60。

由于坦克与坦克、坦克与反坦克武器之间的激烈对抗，促进了

坦克技术的迅速发展。在战争中苏联人很快认识到必须全面提高坦克的综合能力,包括火力、装甲防护、机动性等,1940 年 6 月开始生产全重为 30 吨的 T-34 中型坦克,该坦克的技术特点是采用身管长为 7612 毫米加农炮,身管一口径比达 31.5;采用了大倾角中厚度的前装甲,抗弹能力显著提高;采用了独立悬挂、焊接车体、铸造炮塔、大功率柴油机等新技术。T-34 坦克是第二次世界大战中最为著名、最为有效的坦克。德国在 1943 年研制的 T-V "豹"式坦克,最大装甲厚度车体为 80 毫米,炮塔达 120 毫米。综合起来看,第二次世界大战期间坦克技术的发展有如下几个特点:一是坦克的结构趋于成熟,普遍采用装有一门炮的单个旋转炮塔和单一的履带式推进装置,从而确定了现代坦克的总体结构形式;二是坦克的火力显著提高,战前多数坦克的主要武器是机枪和 47 毫米以下的火炮,而战争末期中型坦克普遍采用了 75—85 毫米,重型坦克采用了 88—122 毫米的长身管(40—70 倍口径)坦克炮,普通穿甲弹初速达到每秒 790—900 米,并出现了一些新弹种,如脱壳穿甲弹、空心装药破甲弹;三是发动机功率加大、行程储备增加,研制出多种形式的传动装置,如美制坦克使用液压机械传动,英制和德制坦克使用双功率流的传动形式,还采用了独立悬挂系统,坦克的机动性显著提高;四是提高了防护能力,坦克前部装甲厚度一般增加到 45—100 毫米,装甲材料选用合金钢,增大了装甲倾角,轧钢板的焊接车体和铸造炮塔取代了过时的铆接结构,改善了坦克外型;五是逐步摆脱了坦克从属于步兵和骑兵的影响,开始重视坦克综合性能的提高,从而使其成为地面作战的主要突击兵器;等等。

先进的坦克(装甲)技术同先进的军事学术思想结合起来,使得战争出现了全新的变化。1939 年 9 月 1 日,德军入侵波兰,共投入 4 个装甲军(约坦克 2800 辆),集中在主要突击方向上,坦克密度达每公里正面 50—80 辆,经过三昼夜战斗,德军就突破波军

防御全纵深。1940年5月，德国大举进犯西欧，再次集中大量装甲兵实施快速突击，获得令人瞩目的成功。5月10日，德军发起进攻，A集团军群集中了7个装甲师，昼夜推进100—130公里，接着又以平均每昼夜37公里的速度发展进攻，迫使法军于6月22日投降。1944年在白俄罗斯战役中，苏军动用了2个坦克集团军，6个独立坦克军和机械化军，14个独立坦克和自行火炮旅，78个独立坦克和自行火炮团，2个坦克营和9个自行火炮营，共计坦克和自行火炮5200辆，两个多月，苏军向前推进约600公里，有时达到每昼夜50—70公里。坦克技术的出现和发展使战争的面貌发生了变化，坦克在战争中的作用反过来又推进了坦克技术的进一步发展。

第六章　军用航空技术

20 世纪人类最伟大的科学技术成就之一，是飞机的发明。飞机的发明，实现了人类多年来在天空飞翔的美好梦想。战争的需要总是使最先进的技术用于军事目的，飞机马上被用于军事目的，并在军事、战争需要的推动下，技术不断改进，性能不断提高。

第一节　　早期的军用飞行器

人跟鸟学飞行，在艰难而漫长的学习过程中人们认识到，能使人飞行起来的并不是象鸟那样扑打着的翅膀。最先带着人升上空中的，并不是象鸟那样的装置，而是气球和飞艇。

一、最初的尝试

人类活动的舞台并非一个平面，而是一个立体空间。神话和民间传说证明，自人类进行有组织的战争以来，飞上天去，从空中进行攻击，一直是人们的渴望和梦想。最初的尝试是对鸟的模仿。鸟能飞行是因为鸟有翅膀，如果人能有和鸟一样的翅膀就能飞上天去。在古希腊的神话中，代达罗斯父子为了逃出囚禁之地，用蜡和羽毛为自己制造了翅膀，成功地飞到那不勒斯，儿子为这种飞行欣喜若狂，不听父亲的忠告，飞得离太阳太近，致使蜡翅膀融化，坠海身亡。另一个传说是，斯堪的纳维亚人，神话中的能工巧匠韦兰铁匠，为自己做了一件金属翼衣，并穿着这件金属翼衣飞行过。这种靠扑打着翅膀飞上天去的想法，实际就是扑翼机的最初设想。

直到 1680 年，意大利的齐奥凡尼·波莱里，对人类模仿鸟的飞行的尝试做了总结。他在《运动的动物》一文中，阐明了人类生理

的局限性，论述了为什么人离开机器的帮助永远不可能在空中支撑住自己的体重。人沉重而非流线型的躯体是不适于飞行的。人的心脏只相当于其总重的0.5%，而鹫的心脏却占8%多，小蜂鸟竟达22%。人的正常脉搏每分钟70次，相比之下，麻雀飞行时心跳每分钟竟达800次。假如人有飞翼的话，为容纳进行飞行所需要的肌肉，需6英尺的胸膛。在已有技术条件下，人是不能靠模仿鸟的翅膀飞上天去的。而在这之前的1670年，意大利人弗朗切斯科·拉纳·德·泰齐尔，就对尚未制造出的以机器推动的航空器用于未来战争的情形，作了绘声绘色的描述：成群的航空器在城市上空飞行，投掷大量武器以攻击下方没有防御能力的市民。

二、热气球的出现

1782年11月，在法国的阿维尼翁，一位名叫约瑟夫·蒙特哥菲尔的造纸工人，注意到充满热空气的纸袋能够升起来的现象，制作了几个纸袋进行试验，成功以后，马上用上等丝绸做了一个口袋，在其下面点燃了一把火，口袋鼓起之后就飞起来了，从而制造了世界上第一只热气球。1783年6月4日在昂诺内的市场上进行了公开表演，结果，气球升高到6000英尺。在装载动物成功的基础上，1783年10月15日，进行了第一次载人升空实验，载人热气球上升到85英尺的高度，并在空中停留了大约4.5分钟。从此以后，飞行就不再是幻想了。

热气球能够升空的原理是加热了的空气，分子间的距离扩大，密度变小，从而重量变轻，产生升力带动整个气球上升。气球升空不一定非要加热空气，其实质是空气的重量，如果有比普通空气更轻的气体，也能使气球升空。物理学家查尔斯等人提出氢气才是升空气球最理想的气体，并于1783年12月1日乘氢气球进行了成功的飞行。氢气球的特点是用不着不断给气球加热，给气球充满氢气后，绑上充气口，不让氢气泄漏，用系绳拴住，气球就能长时间飘浮在空中。热气球的特点是通过对加热过程的控制，控制气

球的高度,使气球更加易于控制,因而在当时比氢气球更能满足人们的需要。

热气球的出现,很快就被用于军事目的,不少国家为了军事目的制造气球。法国军队首次使用系留气球进行了空中侦察。1870年下半年,普鲁士军队包围了巴黎,切断了法国首都与外界的联系,1873年9月23日,朱尔·迪鲁弗驾驶气球在巴黎起飞,从围攻部队的头顶上安全地飞了过去,3小时后降落在法国未被占领的埃夫勒,传送了极其重要的公文急报。在此期间,法国人共进行了66次飞行,成功57次,从巴黎运出了9吨重的邮件和155人。

三、飞艇的制造

气球是一个自身没有动力的浮空器。它升空以后随风飘动,因此难以满足军事上的要求。在普法战争中,气球曾经用于作战。结果,许多从巴黎放出的气球降落在德国阵地之内,有些飘落出海,甚至有一个气球飘到了挪威。实践表明,气球由于无法控制飞行,用于战争有极大的局限性,特别是不能当作进攻性武器。为了控制飞行,需要制造一种可操纵的气球。人们曾做过努力,设法为气球提供某种形式的动力,使其能在空中作机动飞行。可当时还无法得到必要的动力来源。在探索中人们认识到,气球做成球形乃是一个很大的缺陷,因为它在空气中的阻力很大,结果,球形气囊逐渐延长为雪茄烟形,使其空气动力特性有了很大的提高。

球形的气囊变形成横躺着的雪茄烟,如果再有动力推进装置,气球就成了飞艇。1783年,法国陆军工兵部队的军官梅斯尼埃提出了第一艘飞艇设计方案,但这时还没有合适的发动机。1852年,法国的亨利·吉法德制成了第一艘部分可操纵的飞艇,并操纵这个由3马力电动机驱动飞艇前面的大型螺旋桨的半硬式飞艇,在巴黎以大约每小时5英里的速度飞行了17英里。1860年,艾蒂尔·勒努瓦发明了内燃机,1872年保罗·海内把内燃机装上飞艇。1885年和1886年,两位名叫卡尔·本茨和戈特利布·戴姆勒

的德国人发明了实用汽油发动机。在当时,汽油发动机比电动机能够更长时间地提供更强大的动力。从此以后,飞艇的进一步发展,就有了重量较轻、能产生较大动力的发动机。1900年,硬式结构的真正飞艇问世。第二年,有人驾驶小型飞艇成功地作了一次围绕巴黎埃菲尔铁塔的飞行。1903年,勒博迪兄弟造出了世界上第一艘真正的实用的飞艇,一次能够飞行38英里。以后取得巨大成功的是出生在德国康斯坦茨的费·冯·齐柏林伯爵,他制造的"齐柏林"飞艇在一次飞行中,两个小时内飞行60英里并安全返回基地。

飞艇被用于军事目的,成为一种兵器的作用很快就表现出来了。1911—1912年意土战争期间,意大利最早把软式飞艇用于军事目的。第一次世界大战中,德国军人于1915年1月驾驶着"齐柏林"号硬式飞艇对英国进行了袭击。在整个第一次世界大战中,各国共制造了466艘飞艇。

第二节　军用飞机的诞生

在飞机诞生的过程中,达·芬奇、乔治·凯利爵士、利林塔尔兄弟、莱特兄弟等人作出了不可磨灭的贡献。20世纪初,飞机开始装备部队,从此在战场上又有了一种新式的作战武器。随着军用飞机的产生,其相关技术也得以产生和发展。

一、从达·芬奇到利林塔尔兄弟

把人类飞行理想的实现从对鸟的模仿引导到正确道路上来的是百科全书式的意大利人达·芬奇。他是第一个运用科学知识,对飞行问题进行研究的人。他研究过鸟的飞翔,设计出了比空气重的飞行器,并得出了这种飞行器如果没有发动机便不能飞翔的结论。此外,他还对降落伞、直升机和螺旋桨的发明做出了贡献。另

一位有影响的设计家和试验家是英国的乔治·凯利爵士。凯利提出了利用固定机翼产生升力,利用不同的翼面控制和推进飞机的设计概念,使多年来尝试的扑翼转向了定翼。大约在1801年,他研究鸟的飞行之后,认识到鸟翼的功能可分解为升举和推进两部分,并于1804年在旋转臂上试验了一架滑翔机模型。1807年,凯利着手研制一种蒸气发动机和另外一种采用火药的发动机,大约一年后,他又研制了"旋翼"或"桨轮"飞机。1809年,他成功地制造出航空史上第一架全尺寸滑翔机并进行了飞行。他设计的飞机确定了现代飞机的基本布局,包括机身、水平尾翼和垂直尾翼等。60多年后,法国海军军官费利克斯·迪唐普尔·德拉克鲁瓦制造的单翼机上,已经有了上反角机翼、水平尾翼和方向舵、简单的可收放的起落架和一台蒸汽发动机。经过一段下坡滑跑后起飞,这架飞机在空中飞过一段很短的距离。除了蒸汽发动机以外,此后不久,还有人采用了汽油发动机,但这些动力飞行的尝试都失败了,重要的原因是人们对飞机的空气动力学知识还知之甚少。空气动力学知识的逐步积累是随着滑翔机的逐步完善而实现的。德国人利林塔尔兄弟承担起了这一历史重任。

利林塔尔兄弟飞行器的研制和飞行生涯,也是从对鸟的模仿开始的。1848年出生的利林塔尔,14岁时就和他的弟弟古斯塔夫一起,制成了一副简单的宽两米的翅膀。在观察鹳的飞行时,兄弟俩注意到,这种鸟总是顶风起飞。他们的第一个发现就是:没有速度就无法起飞。1873年,利林塔尔设计了一种旋转装置,让不同形状的平面在空气中转动,测量了气动力、浮力和阻力,但是,他们对这些概念并不理解,当时还没有气动力学。第二个发现是,鸟翼的截面成弓形,机翼也要象鸟翼那样成弓形截面才能获得更大的升力。利林塔尔认识到,一个略成弓型截面的机翼,产生的上升力比平直截面的机翼要大。对这一现象,后来的有关学科作了如下解释:在拱起的机翼上面,空气流动的速度快于机翼的下面,于是

就产生了一种低压，正是这种低压，起了使物体抬升的作用。这一认识对机翼形状的设计意义重大。1891 年夏，利林塔尔在离柏林不太远的一个小村庄，站在山坡上，双手紧紧抓住捆扎在一起的两个弓形机翼的中间，助跑起跳，机翼带着他飞行了 15 米。在此后的 5 年中间，他们差不多进行了 3000 次的飞行实验，飞行器也由机翼发展成为滑翔机，并教授滑翔飞行。他们制造的滑翔机，500 马克就可买到。1896 年 8 月 9 日，利林塔尔在例行飞行时，从 15 米高处坠落，颈椎骨骨折，第二天逝世，临终前他说，总是要有牺牲的。利林塔尔一生共制造了 18 架滑翔机，其中有单翼机，有双翼机。

二、莱特兄弟的贡献

真正意义上的飞机的诞生、实现可操纵动力飞行，是和美国莱特兄弟的名字分不开的。美国俄亥俄州代顿市的莱特两兄弟，沿着利林塔尔及航空先驱开辟的道路，吸取前人的经验，经过多年对风筝、系留滑翔机和自由滑翔机的研究和实验，终于取得了突破，做好了试飞第一架有动力的飞行器的准备。

莱特兄弟首先研究了飞机的可操纵性。他们把无人驾驶的双翼滑翔机象放风筝一样的放上天空，通过联系飞机的绳子，改变机翼的形状，从而改变飞机的飞行姿态；研制出安装在飞机前面的升降舵；在飞机的尾部安装了方向舵。他们制作了一个风道，并对 200 种翼型进行了测试。在这当中，他们前后做了 1000 次滑翔飞行试验。接着是对飞行动力的研究了。借鉴飞艇的推进装置，他们选择了汽油发动机和螺旋桨。水冷四汽缸发动机在每分钟 1000 转的情况下，能产生大约 12 马力的功率，通过齿轮和链条驱动两个直径为 2.55 米的对转木制螺旋桨。这种推进器的效率特别高。1903 年 12 月 17 日，奥维尔. 莱特在一架重于空气的飞行器“飞行者”号上进行了世界上第一次有动力和可操纵的持续飞行。飞机由云木、白蜡木，金属线和平纹细布制成。第一次试飞

12 秒后降落,第四次飞行时,顶着劲风飞行 59 秒,飞行距离 255 米。报道这次伟大飞行的只有当地的养蜂者小报,并未能引起世人的注意。失望之余,莱特兄弟并未停止不前,而是在后两年的时间里秘密地继续坚持工作,造出了一架能够停留在空中半个多小时的飞机。

与此同时,气球、飞艇等航空器的研制一直处于先进水平的欧洲人,在有动力、可操纵飞机的研制方面仍在缓慢地摸索前进,对发生在美洲大陆上的飞机研制情况,几乎是一无所知。1907 年 11 月 12 日,桑托斯－杜芒操纵他那架特制的“14 复型”飞机进行了欧洲的首次有动力飞行;接着在 1908 年 1 月 13 日,亨利·法尔芒驾驶他那架“瓦赞－法尔芒 I 复型”飞机在法国的伊西作了一次 1 公里的圆圈飞行。正如当初的滑翔机的飞行是作为体育活动一样,动力飞机出现,驾驶飞机飞行也就成为一项体育活动,许多人对这种新奇的富有刺激性的运动项目抱有很大的热情。欧洲的飞行员们自称创造了种种记录。在这种刺激下,1908 年后期,威尔伯·莱特携带了一架“莱特 A 号”样机来到法国,他的飞行轰动一时,远远超过了欧洲人所取得的一切成就。在威尔伯的推动下,欧洲的飞机飞行事业得到了很大的发展。1909 年 7 月,法国人路易·布莱里奥成功地飞过了英吉利海峡,创下当时飞行距离最远的纪录。

飞机等飞行器的发明、发展和应用,推动了空气动力学、飞行力学由经验摸索到理论形态的发展。1726 年,牛顿从力学基本定律出发,首次推导出平板的空气动力公式,但对飞行器在大气中飞行运动时的受力特性、空气的流动规律和伴随发生的物理化学变化等并不适用。利林塔尔兄弟对鸟翼的研究及其对机翼形状的实验,虽然总结出了可贵的经验,但还不具有理性认识形态。20 世纪初,在飞机创造发明活动的推动下,英国 F·W·兰彻斯特、德国 M·W·库塔和俄国 H·E·茹科夫斯基等人,在环流研究的基础上,

建立了无限翼展机翼升力理论；接着，兰彻斯特又和德国L·普朗特创立了有限翼展机翼升力理论；L·普朗特提出了低速流动的边界层理论等，从而奠定了低速空气动力学的基础。1934年，由美国W·F·杜兰德主编、7个国家20多位学者合编出版的《空气动力学理论》一书，综合反映了这一时期的主要研究成果。随着飞机等飞行器速度的提高，空气动力学、飞行力学在现代又有了很大的发展。空气动力学、飞行力学的形成和发展，又反过来使得飞机等飞行器的研制，由经验摸索发展到了科学设计制造的新阶段，为飞机等飞行器性能的完善、提高，提供了可靠的理论保证。

三、飞机军用化的努力

莱特兄弟早就认识到他们的飞机适合于作战使用。他们同美国国防部、伦敦、巴黎和私人欲购者的洽谈都毫无结果。随着飞机设计、制造技术的提高，军方对飞机有了兴趣，开始订购飞机。1909年，美国陆军装备了第一架飞机，机上装有1台30马力的发动机，最大速度每小时68公里。同年制成1架双座莱特A型飞机，用于训练飞行员。

飞机诞生以后，人们最初想到它的军事价值是投弹和侦察。1910年1月，美国进行了投放“战斗负荷”的试验；1911年11月1日，意土战争中的意大利航空部队少尉法利奥·加沃蒂驾驶飞机向敌方投下了4枚4.4磅的“西佩利”式榴弹，这是第一次把飞机用于战场轰炸。由于当时飞机的载重量很小，和庞大的飞艇相比，用于轰炸的意义还不大，但是，站得高看得远，飞行在空中的飞机能够更清楚地观察到更远的目标。飞机用于侦察是再合适不过了。为此目的，美国陆军建立了陆军通信兵所属航空小队。除此而外，军事当局对新近出现的飞机在军事上还能派上什么用场，还不清楚，他们还没有为飞机规定明确的任务，所以在订购飞机的时候对于飞机的规格并无定见，飞机的型别和部件谈不到标准化。除了容易驾驶和能够为陆军和海军遂行搜索侦察任务外，别无其它要

求。交战双方驾机侦察的飞行员，在空中相遇，有时还互相招手致意。

军用飞机使用以后，战斗由地面扩展到空中就成为必然。在墨西哥战争中，作战的双方分别从美国雇佣了一架飞机和一名飞行员，敌对的双方在飞机上用所佩带的手枪相互射击。战场上的这一变化，使如何配置火力提高军用飞机的攻击能力成为军事科技的重要课题。为此，美国从 1910 年到 1912 年先后进行了步枪和机枪在飞机上的射击试验。1914 年底到 1915 年初，在飞机上安装了固定机枪，飞行员正式携带制式步枪，手枪或私人的运动枪升空作战。在英国，也进行了类似的研究，1912 年时开始研制专门用于作战的军用飞机。第一次世界大战前夕，美、英、德、法等国都已经建立了自己的航空兵。

第三节　军用飞机技术在两次世界大战中的发展

在军用飞机产生后的不长时间里，先后爆发了人类历史上规模最大的两次世界大战。在此之前的军事科技发展史上，还没有一种武器在如此短的时间里，接受如此严酷的检验。为了适应战争的需要，军用飞机技术在两次世界大战中不断发展，军用飞机的类型不断增多，结构更加完善，性能进一步提高。

一、军用飞机的系列化

随着战争的需要，满足不同军事目的的专用军事飞机相继出现。其中包括歼击机、轰炸机、强击机、侦察机、运输机等等。由于它们执行不同的作战任务，技术要求各不相同，由此推动了各相关技术的产生和发展。

军用飞机的发展过程中，首当其冲的是歼击机。歼击机是主要用于歼灭空中敌机和飞航式空袭兵器的飞机，又称战斗机。早

期的战斗机主要是为侦察机服务的，保护己方的侦察机不受敌方的袭击，袭击对方的侦察机，使它不能侦察。随着这一保护职能的扩大，对地攻击能力的提高，“制空权”概念的产生，战斗机成了保证制空权的主要兵器。飞机要能在空中战斗，必须有机载武器。美国著名枪械设计师伊萨·刘易斯，把由他设计的，以他的名字命名的，当时最具威力的“刘易斯机枪”搬上了飞机。由于当时的飞机是螺旋桨在前的拉进式飞机，枪弹向前射击就会打坏木质的螺旋桨。为了避开螺旋桨，机枪只能安装在螺旋桨的旋转半径之外，这样就很难进行有效的射击。法国空军飞行员罗朗·加罗斯意识到，歼击机的未来取决于沿飞机纵轴发射的固定机枪。他的朋友雷蒙·索尔尼埃曾在第一次世界大战前做过断续器系统的实验，其目的是使机枪通过旋转中的螺旋桨形成的圆盘进行射击，方法是每当桨叶转到枪口前面时，便通过机械装置使机枪停止击发。试验做得很顺利。但因为当时子弹制造得不统一，子弹点火时间不一致，断续器还不能实用。1915 年初，加罗斯找到索尔尼埃，请求给他的飞机装上断续器。经过再三讨论，最后决定省掉断续器，而只在桨叶上装上钢制的偏导板，以挡掉可能打到桨叶上的子弹。加罗斯驾驶这样的飞机，在 4 月的不到 3 周中，连续击落 5 架德国飞机，成为第一个“王牌”歼击机飞行员。加罗斯的飞机 4 月 18 日被击中，落在了德国防线一边。偏导板系统被德国人得到。为德国人服务的荷兰设计师安东尼·福克尔与手下的工程师们很快便研制出一种合适的断续装置。这种断续器的结构是这样的：在机械联动装置的末端有一个凸轮，该凸轮恰好在桨叶转到枪口前面之前受到螺旋桨突出部的撞击。凸轮的运动通过联动装置与机枪的扳机相联通，使机枪停止击发，直到桨叶通过枪口、凸轮回到原来的位置以后，再继续射击。从偏导板到断续器，拉进式飞机上武器的安装和射击的问题解决了。从另一个角度思考问题，如果没有飞机前面的螺旋桨，偏导板和断续器就没有必要了。这就是推

进式歼击机的设计思路。这一思路的打开，为飞机以后的发展，开辟了道路。这时弗朗茨飞的瓦赞飞机和英国维克斯公司生产的F－B－5型炮车式飞机，就是这种推进式飞机。这是从一开始就设计用于遂行作战任务的首批歼击机：结构紧凑，有两个座位，采用推进式双翼机布局。观察员位于靴形短舱的前部，配有一挺0.303英寸口径的能活动的刘易斯式轻机枪。至此，歼击机的关键技术解决了。随着工程技术、科学技术、枪炮技术的发展，歼击机上安装的武器越来越多，火力越来越强。一战后期，歼击机普遍安装了4至6挺机枪，法国还试验口径达37毫米的大口径机关炮，原始的电点火式火箭也开始出现，德国则生产了专用的航空机关炮，甚至还生产了多管机枪。

在军用飞机系列中，轰炸机是一个重要的机种。轰炸机是专门用于对地面、水面目标实施轰炸的飞机。飞机之用于战争，最先就是从轰炸开始的。美国最先进行了轰炸试验。1910年1月，第一次从飞机上投下了3个2磅重的沙袋，一年后，第一次试投了1枚炸弹并且成功地爆炸了。1911年的11月，意大利的加沃蒂向敌方土耳其军队阵地上第一次投放榴弹。但和"齐柏林"飞艇的巨大载重量相比，当时的飞机轰炸作用微不足道。具有真正实战价值和意义的轰炸机的出现，是和歼击机的发展分不开的。当德国"齐柏林"飞艇在一战中首次飞临大不列颠上空进行作战时，确实在民众心中产生了相当大的影响。但随着歼击机空中作战能力的提高，地面火炮的加强，充满易燃气体的飞艇成了一击即炸的炸弹，"齐柏林"飞艇的损失达到了不堪忍受的地步。飞艇的光辉时代过去了，轰炸机的时代到来了。轰炸机对飞机技术性能的要求是，要有较大的载重量和较大的续航能力。1915年，俄国首先生产和装备了轰炸机，这就是世界上第一架装有4台发动机的西科尔斯基的"伊利亚·穆罗麦茨"巨型轰炸机。这种飞机的翼展超过100英尺，能携带1200多磅炸弹——而当时用于空中作战的飞

机，如果装上一挺机枪的话，飞机的性能便会大受影响。随后，法、英、德等国的军队也相继装备了轰炸机。第一次世界大战的4年期间，轰炸机从80马力、携带20磅炸弹的易损害飞机，发展到翼展超过100英尺的双发和4发大型飞机，能装载4000磅炸弹，航程达500—1000公里，时速达180公里，并有较高轰炸精度。第二次世界大战中，轰炸机除了载重量和飞行距离有了进一步的提高外，随着控制航空弹药的投射方向、时机和密度，使其命中目标的火力控制系统的出现，轰炸精度又有了很大的提高。

强击机是另一种具备特殊技术的军用飞机。强击机是主要用于从低空、超低空突击敌战术和浅近战役纵深内的小型目标，直接支援地面部队（水面舰艇部队）作战的飞机。强击机具有良好的低空操纵性和安全性。为提高生存力，一般在其要害部位有装甲防护。第一次世界大战中，德国研制的外号叫“铁皮驴”的容克J－1型金属单翼机，其座舱及油箱部位，都加了装甲防护，这是最早出现的强击机。强击机的真正发展，是在第二次世界大战期间。二战前夕，苏联研制出伊尔－2强击机。它的前机身用特种钢板焊接而成，座舱、发动机、油箱等都包在钢板内，枪弹和口径较小的炮弹不易将其击穿。机上装有航炮、机枪、火箭，能携带600公斤炸弹。二战后期，德国在容克－87飞机上加设装甲，并装有37毫米口径加农炮，成为容克－87G强击机，专门用于低空反坦克作战。

除了以上飞机外，二战结束前的几十年中，还出现了军用侦察机、军用运输机、水上飞机等其它机型。

二、直升机的问世

直升机是依靠发动机带动旋翼产生升力和推进力的航空器。其英文名称起源于希腊文helix（螺旋）和pteron（翼），意为“旋转的翼”。直升机与一般飞机不同，一般飞机通过特定形状的固定机翼，在一定的速度下产生升力，由发动机拉动或推动飞行；直升机却是通过旋翼的旋转，从而产生上升力和推进力实现控制飞行。

直升机的发展经历了漫长的道路。15世纪传入欧洲的中国古代玩具“竹蜻蜓”给直升机的研制以极大的启示。这种玩具是用一根细棒，垂直地插入一片扭曲的竹片中间，用双手使劲搓动细棒，手轻轻松开，它就飞上去了。传入欧洲后被称为“中国陀螺”，有些国家的百科全书干脆将它称为带有旋臂的“直升机飞行玩具”。1483年，意大利著名科学家达·芬奇绘制出一幅直升飞行器草图。以后出现过多种直升机模型。1907年9月19日，法国人布雷研制成4旋翼直升机，首次载人升离地面，但需4名助手在地面用绳子拉着以保持平衡。同年11月13日，法国人P·科尔尼首次驾驶自己研制的双旋翼直升机，保持了约20秒的自由飞行时间，但在当时还无法解决操纵和稳定问题。

1923年，西班牙人西尔瓦发明了用来铰接桨叶的桨毂，才为直升机的发展开辟了道路。用桨毂连接桨叶和旋转轴，使得桨叶可变可调整了，直升机的操纵和稳定的问题也才有了解决的可能。1937年，德国人福克研制出一架双旋翼横列式直升机Fa-61，多次成功地进行了飞行表演，并由一名女飞行员驾驶，以每小时68公里的速度，从柏林飞到伦敦。1939年，美籍俄国人西科斯基研制出接近实用的单旋翼直升机VS-300，其改进型R-4(VS-316)于1942年交付美国陆军，从此，直升机结束了其发展史上最艰难的探索阶段，进入了直升机的发展时期。

直升机主要由机身、旋翼系统、动力系统、操纵系统和起落装置等部分组成。旋翼系统是直升机的基本特征，按旋翼的多少和结构，分为单翼、双翼、多翼直升机，早期主要是双翼和多翼机。单旋翼直升机的飞行，是由动力系统驱动旋翼和尾桨，通过操纵系统使旋翼桨叶的安装角(桨距)在旋转过程中产生周期性的变化，并使桨叶升力也相应地产生周期性的变化，从而使桨叶尖部轨迹平面及总的升力线向所需要的方向倾斜，使直升机前飞或后飞或侧飞；或同时等量改变所有桨叶的安装角，并相应地改变发动机功

率，增大或减少总升力，控制直升机的升降或悬停；或改变尾叶桨的安装角，使偏转力矩发生变化，控制直升机的航向。双旋翼直升机，有共轴式和纵列式之分，共轴式直升机有两副旋翼，装在同一条几何轴线上，旋转方向相反，以相互平衡反作用力矩；纵列式直升机的两副旋翼，分别装在机身的前部和后部，旋翼方向相反。直升机的各种飞行动作主要是靠操纵旋翼来完成的。

三、舰载飞机及其相关技术

飞机诞生后不久，人们就开始探讨舰载机的可能性。1910 年 11 月，美国人尤金·伊利驾着飞机在临时拼成的飞行甲板上起飞成功，第二年初，他又在舰上成功降落。这说明了，舰船上载机是可能的。第二次世界大战的太平洋战争中，舰载机的作用得到了充分的发挥。二战结束之前的这段时期，与别的飞机一样，舰载机也经历了从多翼到单翼活塞飞机的发展。舰载机与一般飞机不同之处在以下几方面：飞机后下方有尾钩；机体结构坚固；起落架减震能力和承载能力强；主轮轮距较大，抗倾倒能力强；可系留在母舰上，以防母舰摇摆时翻倒；机翼和有的尾翼可折叠。除了结构上的特点之外，它的起飞和降落所采用的技术，也与一般的飞机不同。

舰载机的起飞技术是关键的技术。飞机需要一定的初速，才能获得升力，飞上天去，因此，飞机都要借助于跑道滑行。飞机越重需要滑行的跑道就越长。舰艇长度有限，怎样才能获得必要的升力，这是舰载机起飞的关键。这个问题通过弹射器技术得到了解决。其实质在于，通过舰上的这个装置，使飞机在较短的距离里从自身的动力之外而获得起飞所需要的速度。莱特兄弟就曾使用过弹射起飞技术 1904 年 5 月，当他们向新闻界展示他们的“飞行器Ⅱ”式飞机时，由于缺少缩短起飞距离的逆风，飞机起飞不起来。他们想了一个办法，将一个重物垂挂在一个木制塔楼里，这个重物加速飞机在 20 米长的弹射轨道上起飞。1918 年，美国机械

工程师诺登设计成功了飞轮弹射器，该弹射器能将 4540 公斤重的飞机加速到 61 节。弹射能量来自飞轮，飞轮由 1 台 25 马力的电动机带动，使用锥形摩擦离合器以便使飞轮同缆鼓相连接。1928 年 3 月，舒尔上尉驾驶 T3M2 双浮筒型水上飞机，在"萨拉托加"号上由该弹射器首次弹射起飞成功。此后，弹射器越来越完善，弹射能力越来越强。1934 年，美国制成了第一部液压式弹射器，到了 1950 年，英国设计制造了第一台蒸汽弹射器。弹射器的发明和发展，使军用飞机在舰艇的甲板上起飞成为可能。

舰载机的降落技术同样重要。飞机降落时也需要滑行一段距离用来减速才能停下来。军用机在舰上降落时要缩短减速距离，就要借助一套降落技术装备。这些技术装备是与舰载机起飞技术同时发明和发展的。也就是说，舰载机的降落技术产生于 20 世纪的 10 至 20 年代，在 40 年代趋于成熟。舰载机降落技术装备包括飞机的尾钩、拦阻索和防冲网等等，它们各自的作用是：飞机降落时，机身后下方的尾钩钩住飞行甲板上的拦阻索，强行停住，在拦阻索的后方，还有一张防冲网，作为尾钩钩拦阻索失效后的最后屏障。

四、军用飞机技术的进步

军用飞机技术的发展，是一系列技术发展的结果。除了在各类机型产生和发展中的主导技术之外，还包括材料、机翼设计、飞机发动机、救生和航空通信等等方面的技术。这些技术在两次世界大战中也得到迅速发展。

在飞机材料方面，由木、布、皮向金属材料发展。莱特兄弟的第一架动力飞机除了发动机外，其它所用材料基本上是木头和布，木质构架上蒙上细纹布，做成了机翼，再用金属线当成张线，将机翼固定住，操纵者的位置就在下机翼的中间，没有什么机舱，整个飞机是开放式的，非常脆弱易损。对飞机性能要求的提高，原始材料已远远不能满足需要，金属材料的大量使用是必然趋势。1918

年，德国制成了采用焊接钢管式基本结构的福 DvⅡ型战斗机，使得整个飞机的坚固性有了明显的提高。在蒙布方面，1916 年时，德国已经有了胶合板蒙布机身的飞机。1918 年，德国容克斯公司制成了世界上第一架实用的全金属飞机，即 CL－I(J10)型支援地面军队用的飞机。这种飞机采用了厚型张臂机翼，外包有容克斯特色的波纹金属蒙皮，弦向地覆盖整个机翼，以增加机翼的刚度。容克斯飞机的波纹蒙皮的主要缺点是它有很大的阻力系数。另一位德国设计师阿多夫·罗尔巴赫开始研究光滑蒙皮的机翼，由金属本身承受一部分载荷，这便是今天普遍采用的“承力蒙皮”结构的起源。金属蒙皮的出现，使得硬壳式机身的飞机盛行起来。在硬壳式机身中，机身蒙皮是作为结构的一部分而设计的，因此能够承受载荷。这样就可以使基本机身结构变得简单，重量减轻。20 世纪 20 年代后期，金属螺旋桨已经普遍使用。随着一次大战的结束，最新科技用于军用飞机的速度减慢，商业性的民航事业更受重视。强度大和重量轻的钢铝镁合金在整个 20 年代继续发展，可收放的起落架已可收入机身，可增大低速时升力的襟翼也已出现，将这些成果付诸实用的时机已经成熟。1933 年 2 月，美国波音 247 型飞机出现，这是一种外表整洁、采用合金的承力蒙皮的双发下单翼机，有收放式起落架、变距螺旋桨和襟翼。虽然民航机的性能这个时期超过了军用机，但第二次世界大战爆发后，新材料又集中地运用到军用飞机上了。

在机翼的设计方面，经历了一个从多翼至单翼再到后掠翼的发展过程。机翼的发展是从模仿鸟和研究风筝开始的。经过不断努力，19 世纪初，英国的乔治·凯利首先提出由固定翼面产生升力的概念。他指出，飞机的飞行无非是“以前进的动力对付空气的阻力，使一个面托起一个重物”。经过反复实验研究，人们逐步认识到：弓型截面机翼，能使机翼上面的气流速度加快，而压力减小；下面的气流较慢，而压力增大或不变。上、下翼面形成压差，产生向

上托举的升力，正是这样一种向上托举的升力，使比空气重的飞机能在空中飞行不会掉下来。升力的大小与机翼的面积成正比；升力和速度有关，升力的大小与飞行速度的平方成正比。设计飞机需要重点考虑的问题之一就是解决升力与重力之间的矛盾。在飞机问世的初期，由于动力的限制，飞行速度都很低，要想提高升力，只有在升力面——机翼上想办法。直接增加机翼面积，在结构上有困难，无疑会增加飞机的结构重量。人们从桥梁设计中得到启发，借鉴桥梁的结构，将机翼设计成双翼或多翼。双层机翼或多层机翼便于在翼间安装撑杆和张线，在扩大机翼面积提高升力的前提下，既能保证其刚度和强度要求，又可减轻其结构重量。所以，早期的飞机都采用了双翼或多翼。莱特兄弟的"飞行者 I 号"就是一架双翼机，三翼机最有名的是德国的福克 DR－1，由于它屡立战功，且涂成红色，因此有"红色男爵"之称。随着发动机性能的提高，飞机的速度越来越快，一战后期，飞机的速度已经达到每小时 250 公里。外形结构复杂的双翼机和多翼机，由于阻力大而影响了飞行速度的提高，在这种速度下，单翼也能产生飞机飞行所需要的升力，因而逐步被单翼机取代。

单翼机经历了从张线撑杆结构、伞形结构到悬臂结构的发展。一战前已经出现了单翼机，不过，那时的单翼机都采用了复杂的张线撑杆结构，机翼的上面和下面各有一组或几组张线，翼下的张线一般与起落架连接，上面的张线则与机身前上方专设的固定柱相连，上下共同组成一个或多个菱形的立体受力结构。20 世纪 20 年代后出现的典型上单翼飞机，则是在机翼下面设置强有力撑杆与机身或固定式起落架支柱相连接。这种结构，从正面看上去，飞机的外形犹如一把完全撑开的伞，因此有人将其称为伞形结构或伞形布局。采用伞形结构的全是上单翼。机翼、撑杆和连接接头共同组成一个坚固的受力结构，使机翼能充分承受来自不同方向的力和力矩。至于因取消下层机翼而失去的那部分升力，可由提

高飞行速度来弥补。1927 年首次不着陆飞越大西洋的瑞安 NYP－1“圣路易精神”号就是撑杆式上单翼飞机。

飞行速度的进一步提高，使机翼的面积可以做得更小，伞形结构单翼机上的撑杆就显得多余了。从 20 世纪 30 年代初开始，撑杆式上单翼飞机逐步被悬臂式单翼机取代。所谓悬臂式机翼，就是不要撑杆和张线支撑，完全靠机翼结构来承载的机翼。机翼与机身通常用钢硬接头进行连接。接头有不同的结构形式，以耳片式居多，一般装在翼梁根部，与机身两侧相对应的接头对插，再用粗螺栓紧固，使机翼和机身形成一个牢固的整体。二战时的军用机都已经是悬臂翼飞机了。早期悬臂式机翼都是平直翼，机翼的前缘与飞机的纵轴垂直，平面形状为梯形或椭圆形。椭圆形机翼的气动特性比较好，能在一定程度上减少机翼的诱导阻力（一种与升力同时产生的附加阻力），但工艺复杂，加工难度大。因此，大多数飞机都采用制造比较简单的梯形机翼。这就为后掠翼和三角翼设计提供了基础。二战后期，飞机的最大飞行速度已经超过每小时 700 公里，俯冲飞行时机翼上局部气流速度已达到音速，从而导致了激波和波阻的产生，飞机变得难以驾驭，甚至出现解体坠毁的事故，即飞行遇到“音障”问题。克服“音障”的办法就是采用新的更大推力的动力装置和全新的气动布局。新的更大推力的动力装置的要求，导致了喷气发动机的产生，而全新的气动布局则是后掠翼技术的产生。发展喷气推进技术和后掠翼技术处于领先地位的是德国。第二次世界大战期间，德国先后研制出两种还不够成熟的喷气式战斗机，虽没来得及在战争中发挥作用，但速度一下提高到每小时 850 公里。但飞行速度再要提高，就非常困难，这就意味着单凭提高推力，不改进气动外形，飞机的飞行速度难以提高。而德国在后掠翼的研究方面也已经取得了相当成就，并已研制出 GO－P60 无尾后掠翼飞机。后掠翼的诞生，为超音速时代的到来创造了必要的条件。

在航空发动机方面，从飞机的诞生到第二次世界大战结束的40多年中，经历了从活塞式发动机到喷气式发动机的发展历程。航空发动机是航空飞行器能够飞行的动力源泉，其性能是决定航空器性能的主要因素之一。与其它发动机相比，航空发动机要具有推重比大(推力大重量轻)，迎风面积小，起动加速快，工作可靠等特点。从1903年世界上第一架动力飞机试飞成功，到第二次世界大战结束前，飞机的动力装置基本上都是活塞式发动机。早期的发动机并不是专为飞机设计的。1860年，艾蒂尔·勒努瓦发明了内燃机；1872年，保罗·海因把内燃机装上飞艇；19世纪80年代，两个德国人发明了实用的汽油发动机。这些发动机略做改进，就成了航空发动机。后来，人们开始注重对飞机性能的特殊要求，设计专用的航空发动机。早期在飞机设计上领先的法国，产生过两种设计思路：追求平稳的，采用动力较大的水冷直列式发动机；追求灵活性的则选择法国人塞甘研制成功的气缸旋转式发动机，这种发动机的气缸围绕曲轴排列成星形，使发动机的长度大为缩短。而德国人发明了汽油发动机之后，进展迅速，很快便使其成为一种性能可靠、功率很大的飞机推进动力。经过几十年的发展，发动机的功率从12马力提高到了4000马力，而飞机的飞行速度也达到了每小时750公里。这些发动机都属活塞式发动机。活塞式发动机由气缸、活塞、连杆、曲轴、机匣、气门机构、减速器等部件和燃料、润滑、冷却、点火、起动等系统组成。通常还装有增压器，以提高发动机的功率和改善发动机的高空性能。发动机工作时，燃料(航空汽油)与空气组成的混合气体在气缸内燃烧，驱动活塞作往复直线运动，从曲轴上输出机械功，经减速器带动螺旋桨或旋翼旋转而产生拉力或升力。在一定限度内，螺旋桨越大转动得越快，飞机就飞得越快。但是，当飞机飞行速度达到每小时750公里时，速度难以继续提升了。就发动机而言，其原因来自两个方面。一是当螺旋桨高速旋转，桨叶的运动相对于空气，达到音速时，就会

产生激波，就象船在水面高速前进时出现的船头波一样。这种激波引起的阻力很大，使螺旋桨的效率立即急剧下降，不管发动机的功率有多大，飞机仍然飞不快；第二个原因是，活塞相对气缸的运动速度不能是无限的。要想继续提高飞机的飞行速度，活塞式发动机已经走到了尽头，必须寻找新的发动机。这个新的发动机就是喷气式发动机。

喷气发动机的工作原理实际上是牛顿第二和第三定律的表现。一种流质的喷流通过喷口喷出，喷流的速度大于发动机在空气中前进的速度，引起动量的变化；喷出流体的作用力引起与此大小相等方向相反的反作用力，从而形成推力，推动飞机前进。中国早在北宋时期(公元 960—1126 年)，就应用喷射火药燃气的反作用原理制成了最简单的火箭，并出现了与燃气涡轮原理相同的走马灯。1903 年，俄国的齐奥尔科夫斯基提出了应用喷气反作用原理的液体火箭发动机的设想。1935 年德国的汉斯·梵·俄海申请了涡轮喷气发动机的专利权。1937 年，英国的惠特尔试验成功了第一台涡轮喷气发动机。1939 年，装有德国奥亨设计的 Hes－3B 涡轮喷气发动机的飞机首次飞行。英国的法兰克·惠特，于 1930 年获得离心式涡轮喷气发动机的专利权，该发动机装在格罗斯特公司的 E28/39 喷气飞机上，于 1941 年试飞成功。接着，英国又于 1943 年试飞了“流星”式喷气驱逐机，1945 年时它的速度达到每小时 976 公里，创造了当时的世界纪录。二战后期，德国已将脉动式喷气发动机装在 V－1 导弹上用于实战了。其时，德国人对喷气发动机的研究已经达到了较高的水平，他们研究了喷气发动机的加力燃烧室、冲压式和脉动式喷气发动机以及液体火箭喷气发动机，取得了很大的成果。第二次世界大战后，现代飞机的发展正是建立在喷气发动机的基础上的。

救生技术这一时期已趋于成熟。救生装置是供飞行人员应急离机、安全降落和保障生存的设备，最基本的装置是降落伞。1787

年，法国人 L·S·勒诺芒研制了带刚性骨架的降落伞。1797 年，法国人安德烈·加纳林在巴黎公园从 700 米高处的气球上，用降落伞首次降落成功。因为伞衣是一块整布，没有伞顶孔，稳定性差，不好控制。不久，加纳林在伞顶开了通气孔，增加了稳定性。飞机出现后，早先体积庞大的降落伞不能用在飞机上。20 世纪初，欧美一些国家发明了能折叠包装的降落伞，随后用于飞行人员救生。飞机飞行速度不快时，飞行人员尚可打开座舱盖爬出座舱跳伞，当飞行速度很快或飞行人员负伤时，这种简单的救生装置就不起作用了。1939 年，德国人开始研究弹导式弹射座椅，并很快地安装在刚发明出来的喷气式飞机上。新的飞行弹射装置使得飞行救生适应了高速飞行和实战的需要。当飞行人员需要逃生时，舱盖抛离，飞行人员连同座椅弹出座舱，人椅分离，飞行人员背负的降落伞张开。

航空电子通信设备在这一时期也得到了较快的发展。作战中由于通信、引导、目标识别及电子对抗的需要，飞机上的电子通信设备不断增多，技术不断提高。无线电通信技术能传送电报、电话或更为复杂的信号，能够克服有线电通信的局限，更能适应军队的需要，对于飞行着的飞机来说，是再好不过了。与电报和电话不同，无线电通信大部分是应军事当局的主动要求而发展的。无线电台的使用能使飞行着的飞机知道自己的空间位置。第一次世界大战末期，开始在飞机上安装可旋转的环形天线，用来测量飞机相对于地面电台的方位。20 世纪 20 年代末期，出现一种可使飞机沿预定航道飞行的无线电领航设备——四航道无线电信标。无线电话的出现，使飞行员能够更直接和地面及其他同伴通话。1937 年，第一台原始的机载雷达装上双发的“安森”飞机，它可以探测到 16 公里处的舰船，但体积较大，占去了大半个机舱。经过改进，该雷达能够探测其它的飞机。1940 年，机载雷达用于空战，并利用它发现了目标，击落一架轰炸机。后来出现了远程雷达装在军用

飞机上的侦察机,用于在空中巡航,这就是最早的预警飞机。第二次世界大战后期,美国海军已经有了预警飞机,这标志着军用航空电子技术达到了一个新的水平。

第七章　舰艇技术

近代科学技术的巨大进步、工业的出现和发展，为古老的海军注入了生机和活力。在科学和工业的推动下，海军舰艇技术有了质的飞跃，木质的风帆战船发展成了用机器推动的钢铁战舰；战舰由水上发展到水下，出现了潜艇。这些用新技术装备起来的舰艇把20世纪的两次世界大战作为自己的表演舞台，并在战争中经受了考验、得到了发展。

第一节　水面舰艇技术

在近代，船舶技术的发展首先发端于水面舰艇。水面舰艇从风帆炮舰发展到蒸汽战舰，然后出现了舰艇的系列化，再到大型航空母舰的诞生，其技术的发展突飞猛进。

一、蒸汽战舰的产生

古代战舰的形制在很长的一个时期内没有太大的变化。近代以后，随着火炮的发明，并被装在了战船上，开始出现了风帆炮舰，其形制也发生了一定的变化。当人们把小型的、射程不远的火炮（如小型滑轨炮）安装在舷墙和船楼里时，战船尚能承重，而把大的重型火炮装在吃水线上方很高的地方，舰船就非常容易倾覆。这就给炮舰的设计提出了一个难题。这时，商船上已经出现“舷窗”。这是开在船侧的窗口，上面有用铰链开启的窗盖。在有舷窗的商船上，船员就不必从船边吊装而可以通过窗口很方便地装卸货物。英格兰君主亨利八世的木匠们借鉴了这种“舷窗”设计，在战船的舷边安装了炮门，将大部分重炮安装在货仓里，这样便出现了最早

的舷侧火炮。这种战船的重心比较低,有利于船的稳定。英国半海盗式人物约翰·霍金斯于1577年担任了英国海军的财政司库和审计官员,他根据自己的航海经验及对一些激烈海战的体验,竭力反对甲板格斗,坚定不移地主张在海战中使用枪炮和实施机动。后来,在他的努力下,他获得了随船督训的机会,很快使英国皇家海军战舰成为重视速度和机动的水上炮台。这些战舰首尾两端用于甲板近战的高楼堡逐渐撤消。英国人的这一军事思想的革新和战船技术的改进,使他们不久便尝到了甜头。在1588年下半年的英国舰队和西班牙"无敌舰队"的海战中,英国人获得了胜利。从那以后,在海洋上结束了肉搏式的战斗而代之以火炮交战。但是船头撞角并没有失去意义,1866年发生在亚得里亚海的利萨海战,意大利海军的铁甲舰"意大利"号被撞角撞破沉没,船体设计家们为了安全,直到20世纪以前,他们都为主要舰船的水下部分设计撞角。

到19世纪的时候,舰船上普遍装上侧舷炮。除了舰首和舰尾装有少量火炮外,舰上众多的火炮就是侧舷炮了。军舰按携载火炮的数量分成6个等级,所携载火炮多的达100或100门以上,少的到24或40门不等。典型的装有100门火炮的战舰有三层甲板,它们的武器是这样安排的:在较低的那层甲板上安装32磅(弹丸重)火炮;在中间甲板上安装24磅火炮;上甲板上安装18磅火炮。舰首和舰尾甲板上的火炮弹丸重12磅。在美国独立战争期间,英国还在海军炮上进行了许多项技术革新。这些技术革新包括了一种遂发机装置,它产生火花进入火门引起点火,代替了过去松散的点火药和火绳杆(一种慢速火绳点火装置)点火方法;另外火药盒也有了改进;他们把火药和弹丸之间的填弹塞弄潮湿,以防过早发射;在防止后坐力的驻退索上增加了金属弹簧;炮架轮子的下面放置了斜面木块,以便炮架吸收后坐力;他们还装置了滑车组滑轮,使每一门炮可以向右或向左旋转,这是射击技术的一项重大

进步,从此,不必为了瞄准目标而将整个战舰作直角旋转了。到了19世纪末,出生于瑞士的工程师约翰·埃里克森发明了可旋转的炮塔,使得舰炮的方向控制更加灵活。

风帆炮舰在发展过程中除了战船形制和舰炮技术方面有了重大进步之外,其他的技术也有了发展。18世纪初,战船的制造技术上有了两大革新。1700年,舵柄(从舵伸到船内的一根大杠杆,用它对舵进行操纵)已经用缆绳与装在后甲板上的舵轮连接起来,从而大大方便了舰船的驾驶。船的水下部分覆盖以铜护壳,这在很大程度上可以防止藤壶(附在船底的甲壳动物)和可怕的凿船虫(一种咬啮木头的蠕虫)对栎木船底的侵蚀。同时,海上的旗语通信技术也逐渐规范。随着海战规模的扩大,参战的战船的增加,如果不能控制分布在海面数公里的大量战船,就会在海军战术和航海技术的结合方面造成极大的问题。早期的海军虽然已经有了一些基本的旗语,用于海上的通信和指挥,但极不完善。英国在逐渐成为海上军事强国的过程中,发展了一套相当成熟的旗语,使战术指挥取得了很大的进步。采用这套旗语后,在海军的历史上第一次能够在交战开始前对舰队实施不间断的指挥和发布命令。但距离、雾气、硝烟以及作战时的混乱状态,统统会使旗语变得靠不住。为此,英国海军研究了一套通用易懂的条令式规则,作为战船指挥官在不能清楚得到舰队指挥官的命令时的行动规则,这套规则与旗语相结合,成为当时海上作战较为先进的通信指挥系统。海上通信指挥系统的出现,使海战走向了有序化,结束了海战的混乱状态,使得人们更加重视海军的发展,为风帆炮船向新型舰艇发展,在一定程度上扫除了思想障碍。

风帆炮船的产生是战船发展的一大进步,但是,随着舰炮的发展,作战样式的改变,风帆炮船的不足逐渐显露出来。为了加强火力,舰载火炮越来越多,要求战船的载重量增加;对大船来说,所需要的风帆增多,从而会使操纵风帆的水手增加而战斗人员相对减

少;火炮在海战中的运用,要求战船具有更大的机动性和灵活性等等。风帆炮船已经不适应时代发展的需要,舰艇技术面临一场革命。但是,这场革命却姗姗来迟。尽管海军军官在无风和逆风中都有过不愉快的经历,但他们一开始都不赞成在海军中使用轮机推进的主意。19 世纪初,轮机推进甚至不如风帆推进有效。初期的蒸汽机可能出故障,这在战斗过程中是致命的。使用轮机大幅度地缩小了军舰的巡航半径。因为最初的轮船跑不到 100 海里燃料就耗尽了。在战斗中,轮船的机动性当然占优势,但轮船的蹼轮挡住了舷侧的三分之一,如果一发炮弹有幸击中了它或轮机,那它在速度和火力方面就处于劣势了。于是,海军军官们宁愿让商船反复试验,直到产生了可靠的,节省燃料的高速轮机。不过,舰艇技术革命最终还是发生了,蒸汽战舰代替了风帆炮舰。

最初的蒸汽动力战舰是靠蒸汽机驱动明轮前进的。明轮的设计早在古代就出现过。公元前 527 年的古代壁画上,记载着古罗马"一只船有 6 头牛拖动 6 个明轮",这意味着在此期间已经有牛拖动明轮推进器的运输船了。这是世界上明轮推进器的最早的历史记载。中国南北朝时期,公元 5 世纪,科学家祖冲之制成千里船"于新亭江试之,日行百余里"。据推断,千里船的推进器可能是在船的两侧安装木质叶轮,人力踏动以激水前进,其行速大大超过桨船,故而以千里马誉之。唐德宗(公元 780—805 年)时,曾记载江南道节度使、洪洲刺史李皋是明轮战舰的创始人,文中记载其推进器为人力踏动的木叶轮。这是中国采用明轮推进器船舶的最早记录。在欧洲,15—16 世纪,明轮船已经常见。明轮都是由人力或畜力驱动。船上的明轮从一个到数个不等。单个明轮一般装在船的后面,多个明轮则一般装在船的左右两侧。第一个提出和建造蒸汽明轮船的是德国人帕宾。他的船于 1707 年进行了试验,可惜这条船被船民们毁掉了,因为他们害怕这种冒火的船。随着蒸汽机技术的进步和发展,人们对船舶航行新动力的要求,古代的明轮

和现代的蒸汽机结合起来了。1801 年,英国牧师威廉·辛明登建成了世界上第一艘蒸汽驱动明轮拖船“查托特·邓达斯”号。该船能拖带两艘 70 吨的驳船,拖船航速 3 节,单船试验航速 6 节。该船在船尾装了一个大的明轮,蒸汽机带动它拨水使船前进,人们称其为“汽轮船”。美国机械工程师、画家罗伯特·富尔顿当时正在英国学习绘画,对在河中试航的“查托特·邓达斯”号很感兴趣,开始汽轮船的设计制造。1803 年,他在法国设计制造了他的第一艘汽轮船,并在塞纳河上进行了试航。回到美国后,他设计和制造出了长 40 米,宽 4 米的汽轮船“克勒蒙特”号。船的动力是 72 马力的瓦特蒸汽机带动舷侧两个明轮拨水。1807 年 7 月,该船制造成功下水,8 月,船上载着 40 人从纽约出发,沿着哈得逊河逆水而上到达奥尔巴,只用了帆船所花时间的三分之一,约为 32 小时。

1812 年,富尔顿和美国海军签订合同,开始了世界上第一艘蒸汽明轮战舰的设计制造。1815 年战舰建成,并被命名为“狄莫路”号,后改名为“富尔顿”号。该舰船型为双体,单个明轮布置在双体的中部,明轮尺寸为 4.8×4.26 米,排水量 2475 吨,航速可达 5 节。明轮采用齿轮离合器传动机构,可以反转。第一个实用的动叶明轮是 1829 年的爱列·格罗威的专利。它有一个回转中心,叶片绕其旋转的同时,由连杆绕一偏心环转动,从而形成叶片绕自身轴的摆动,达到良好的入水和在水中的位置。与格罗威同一时期开发的还有“摩根明轮”,叶片装在明轮座上,并能绕其自身轴线摆动,连杆一端以销轴连接在偏心环上,另一端和曲柄铰接,曲柄和叶片呈刚性连接,偏心环能绕其自身轴心旋转,其自身轴心位于明轮轴心的船首方向,这种机构保证叶片入水和离水几乎都接近垂直水面位置。此后经历了一百多年,动叶明轮的特征基本没有什么改变。

第二代的蒸汽动力战舰是螺旋桨战舰。由于巨大的明轮是敌舰炮火最为醒目和最为重要的目标,并且随着蒸汽机的发展,明轮

与蒸汽机日显不够协调，于是人们开始寻找新的战舰推进方式。1837年，螺旋桨被发明出来。它是由英国一个未受过工程训练的农民弗朗西斯·佩狄特·史密斯和瑞典的天才发明家约翰·埃里克森各自独立发明的。起初，英国海军部不相信安了螺旋桨的船能操纵。在英国受到拒绝后，美国海军上校罗伯特·斯托克顿很容易地说服埃里克森来到美国。斯托克顿利用他的政治影响力终于在1842年说服美国海军按照埃里克森的设计，建造一艘螺旋桨军舰。这就是第一艘使用螺旋桨的炮舰"普林斯顿"号。这也是第一艘将轮机安在水线以下的军舰，因而炮弹打不着轮机。英国海军终于相信了螺旋桨的好处，在"普林斯顿"号不久，安装螺旋桨的炮舰"响尾蛇"号也下水了。"响尾蛇"号战胜了一艘马力相当的拖船并在好几次速度试验中获胜，坚定地确定了螺旋桨推进器的地位。在以后的几年中，英国将许多与拿破仑作战时期的老舰都装上了轮机和螺旋桨。法国第一艘螺旋桨战舰"拿破仑"号于1850年下水。两年以后，英国的"阿伽门农"号也下了水。

19世纪中叶，舰艇技术上发生了另一个重大变革。这就是由木壳战船发展为钢铁战舰。在18世纪末到19世纪初，钢铁冶炼技术已相当发达，钢铁被用于许多工业部门。但是，人们认为钢铁比木头重，根据阿基米德原理，钢铁永远不能浮在水面上，因此也不能用钢铁来造船。铁壳铁骨船会严重影响磁罗盘的工作，会使船偏离航向。1787年，约翰·威金斯第一次用铁和木制成驳船"试验号"，这艘长达70英尺的船装满货物也能浮在水面上。其后，铁在船舶上所占的比重越来越大，1807年建造成的汽轮船"克勒蒙特"号基本上是用铁制造的，1821年开始航行在塞纳河上的汽轮船"爱尔兰·曼比"号是第一艘完全用铁建造的船。不少人声称铁板在海水里会很快腐蚀锈掉，即使用铁造成了船也不能在海上航行。1843年，英国建造的第一艘长92米、重3270吨的铁质远洋客轮"大不列颠"号在大海上顶风破浪前进，安全、快速地航行在大

海之中。不能用铁建造船体的看法被实验证明是错误的。由此，钢铁也就被用在了军用船舶的建造上。在第一次鸦片战争中，英国东印度公司使用了两条铁壳体轮机炮艇。到1844年，美国和英国在五大湖地区各有一艘铁壳体军舰。英国海军开始订购铁壳体护卫舰。然而正当铁被广泛应用于建造舰体的时候，一系列试验使英国海军部相信，以当时冶金发展水平，铁比橡木更容易损坏。于是，英国海军将新的铁壳体护卫舰改成运兵船，用铁建造军舰的工作实际停顿了好几年。

然而，到19世纪50年代，铸铁炮逐步改良，与炮弹的改进相结合，使海军军械的威力大为增强。火炮的实心弹效果不佳，特拉法尔加角海战证明了这一点，当时近距离内发射数千发炮弹却不能击沉一艘军舰。早期的迫击炮艇和装有臼炮的双桅纵帆船能够发射较小的爆炸弹，但它不适用于主力舰队使用，一是因为它太危险，不能随处搬动，二是炮弹小，威力不够。法国炮兵军官亨利·约瑟夫·佩克桑研制了一种发射爆炸弹的火炮。1824年，这种炮通过击沉一艘双层甲板船显示了它的潜力。1853年11月20日，装备有新型炮弹火炮的俄国海军舰队，在锡诺普歼灭了土耳其舰队。这个事件触发了克里米亚战争，表明改良的海军武器具有摧毁性的能力，选用新的船体材料已刻不容缓，用厚铁板保护木壳或制造铁壳舰的技术应运而生，因而产生了铁甲舰。英法两国都急急忙忙地建造铁甲舰，准备参加克里米亚战争。没等铁甲舰造出来，战争结束了。战争之后，法国建造的第一艘远洋铁甲舰“光荣”号下水。这是一艘排水量为5000吨的，用近5英寸厚铁板装备的木体护卫舰。英国则以预订第一艘战列舰“勇士”号与之抗衡。1860年下水的“勇士”号长380英尺，排水量为9000吨，整个船体的结构是铁质的，18英寸厚的柚木舰体外加4英寸半厚的铁甲板。木壳舰是难以承受如此长度的舰体的张力的，也带不了这么重的装甲。它所需要的大功率轮机及40座舰炮都比帆船时代的标准强

大得多。意识到这一点，设计师们开始完全用铁制造舰船的船体。“勇士”号的下水，结束了木壳战舰的时代，英国确定在建造新舰船时船体一律用铁结构。到 1860 年之后，英国就只造铁甲舰或后来的钢甲舰了。1886 年，英国人建成一艘全钢船体的战舰。至此，在 19 世纪的近 100 年中，舰艇经历了从风帆到蒸汽机，从明轮到螺旋桨，从木壳舰到铁甲舰再到全钢铁船体舰艇的发展过程，完成了舰艇技术的革命，古老的帆船为现代的舰艇所代替。

伴随着舰艇革命，战舰的火力装置也发生了相应的变化，从而使相应的技术得到了发展。战舰上装备火炮的历史几乎与火炮出现的历史一样长，但到 19 世纪，舰炮的构造和操作，与西班牙无敌舰队时期相比没什么变化，仍然使用老式的发射实心弹的铸铁前装滑膛炮。蒸汽明轮战舰出现以后，由于明轮体积巨大，使得舰载火炮的数量减少，客观要求火炮的火力更强大更有效。炮火的有效，通过旋转炮台的出现得以解决，而更强大的炮火所需要的装药可能炸毁原有的铸铁炮管，需要对炮管加以改进。19 世纪 40 年代，埃里克森和斯托克顿用熟铁各为“普林斯顿”号设计了 12 英寸火炮。19 世纪 50 年代初，美国海军中校约翰·A·达尔格雷恩设计了一种瓶子形的舰炮，发射时火药气体的压力最大的炮尾很厚，至炮口逐渐形成锥形。为了更好的地加强炮管的坚固性，套筒炮出现。这种炮的炮筒由两根或两根以上同轴管组成，外管趁炽热时套在内管上，冷缩后就紧紧地箍住内管。19 世纪中叶以后，随着火炮技术的发展，战舰上开始安装击针式螺旋线膛舰炮，其火力状况大大地改善了。19 世纪下半叶，在战舰上出现了它所特有的威力更大的海战武器——鱼雷。早先，水中的固定爆炸物被叫做鱼雷，而当真正意义上的鱼雷出现后，原先那个水中的固定爆炸物就被称之为水雷。第一个成功的自行鱼雷，是 1866 年由英国机械制造公司的经理罗伯特·怀特黑德制成的。它以空气压缩活塞发动机推动一个螺旋桨为动力，雷体直径 356 毫米，长 3.53 米，重 136

公斤，装药15—18公斤，航速6节，航程640米。在1877—1878年俄土战争中，俄国海军第一次用鱼雷击沉了土耳其军舰。1899年，奥地利人奥布里使用陀螺仪控制鱼雷定向直航。1904年，美国人布里斯发明了燃烧室，随即以热力发动机代替了空气压缩发动机，制成热力鱼雷（亦称蒸汽瓦斯鱼雷），使鱼雷的航速增至35节，航程达2740米。鱼雷的出现，促使新型舰种的产生，并促使舰艇的结构发生变化。

二、水面舰艇的发展

随着蒸汽动力的使用，螺旋桨代替明轮，使得推进器的效率更高，船体材料也由木质改为钢铁，军用舰船向速度快、吨位大、火力强的方向有了长足的进步。到第一次世界大战前，战列舰的吨位已达12000—15000吨，装有4门口径达305毫米的火炮，航速18节，乘员800人；巡洋舰吨位7000—14000吨，装有4—6门200毫米的火炮，速度23节，乘员600人；驱逐舰，300—600吨，装有两门76毫米火炮，速度28节，乘员70人。这些舰艇在两次世界大战中，适应战争的需要，不断改进，技术上又有了许多发展。

首先是水面舰艇的出现了系列化。由于舰艇技术的发展，舰载武器的多样化，海上作战中的不同要求，产生了具有不同性能，主要遂行不同战斗任务的舰种，形成了舰艇系列。水面舰艇以排水量的大小相区分。通常，排水量在500吨以上的称为舰；排水量在500吨以下的称为艇。其主要的舰种有：

战列舰。由于侧舷炮的产生而出现的舰种。在常规舰艇中，战列舰是吨位最大、火力最强、防护最好的能远洋作战的大型水面军舰。侧舷炮的出现，使得舰首和舰尾的火炮成为辅炮，战舰左右两侧的炮成为主炮，射击方向是舰的左右两侧。17世纪中叶，由于荷兰对海上贸易的垄断，导致了英荷之间的三次战争（公元1625—1674年）。在第一次英荷战争中，已经装备了侧舷炮的海军，依然象过去那样在海上混战，这个情形使英国指挥官吃惊，他

们发布了一套新的"海上作战条令",其第三条规定:"各分舰队的所有战舰都必须尽力与前导舰保持一线队列前进……",这种舰队纵列队形也被称为"单行纵列"队形。军舰按这种纵列队形作战,舷炮火力就不会被自己的战舰所遮挡,每艘舰的射向清晰,舰与舰之间能够互相支援,不易被敌舰接舷或被各个击破。这样一个连贯的长队,就象一根链子,连接部分如果出现薄弱环节,整个链条的力量就不会太强,小型的战舰不能适应这样的需要,只能用着巡航或巡逻,只有那些装有重型火炮、被认为"最适合战列战斗的"大型战舰才有资格参加战列,这就是战列舰,其正式出现是在 17 世纪后期。从风帆时代到蒸汽机时代,战列舰的吨位越来越大,舰载火力越来越强。17 世纪吨位是 1000 吨左右,到了 19 世纪是 4000 吨左右,在两次世界大战中,发展到了 20000—70000 吨的巨型舰。战列舰是二战前的主力战舰,到第二次世界大战中,其主力舰的地位被航空母舰所取代。

巡洋舰。吨位和火力都略小于战列舰的海军战斗舰艇的主要舰种之一。早期的巡洋舰是主要用来巡逻护航的,因其吨位小,舰载火炮小而少,火力不强,没有资格参加战列,只得退出战斗序列,用着巡逻和护航。船舶采用螺旋桨推进后,至 19 世纪 60 年代,才开始探索并建造了具有近代意义的巡洋舰,其火力有了增强。适应巡航的需要,重点在航行持续的时间和航速上努力,比起其它舰种,在这些方面,巡洋舰的能力要更强些。到二次大战时,有些巡洋舰的吨位达到 27000 吨,并在一些海战中取得了战绩,如 1939 年,英、德海军在南大西洋的拉普拉塔河口海战中,英国巡洋舰编队搜索到交战的德国袖珍战列舰"施佩上将"号,对其进行两舷夹击,使之重创后被迫自沉。

驱逐舰。适应鱼雷的产生而出现的新舰种。鱼雷的产生在海军技术发展史上导致了三个直接的结果:一是鱼雷攻击战舰的水线以下,使战舰水线以下的防护成为重要问题,导致了战舰的隔舱

化；二是产生了专门发射鱼雷的舰船鱼雷艇，它轻便且没有装甲，依靠速度规避敌人的炮火；三是出现了专门对付鱼雷艇的战舰，这就是驱逐舰。为了对抗鱼雷艇的攻击，英国人在他们的舰船上装备了轻型速射炮，但是很快就明白炮手的反应速度比不过鱼雷艇的速度。1892 年，英国造船技师亚罗向海军部建议建造一种战斗力强、速度快、能对付鱼雷艇的军舰，于是出现了一种新型快速舰船——鱼雷艇驱逐舰，简称驱逐舰，以保护大型舰船免受鱼雷艇的攻击。第一艘这种型号的“哈沃克”号于 1893 年下水，它装备了速射炮和鱼雷，吨位和速度比鱼雷艇稍大一些，长 54.8 米，宽 5.48 米，排水量 240 吨，航速 27 节。美国的第一代 16 艘“班布里奇”级驱逐舰是 1898 年列装的，排水量 420 吨，航速 29 节，装备两门舰炮和两个鱼雷发射管，以煤为燃料。这些驱逐舰都参加了第一次世界大战。1902 年，中国建造了“建威”号和“建安”号鱼雷快船即驱逐舰，排水量 830 吨，航速 23 节，装备舰炮 8—9 门和鱼雷发射装置，是当时吨位较大，性能较好的驱逐舰。经过两次世界大战，驱逐舰无论是在吨位上、航速上还是在舰载火力上，都有了发展。1916 年，俄国建造的“义加斯拉夫”号（后改名为“卡尔·马克思”号）驱逐舰，排水量 1350 吨，航速 35 节，装备 100 毫米舰炮 5 门，450 毫米的三联装鱼雷发射装置 3 座。

其次是动力装置技术的发展。自 1812 年第一次在战舰上使用蒸汽动力，建造了“富尔顿”号，到 1842 年，推进装置改用螺旋桨，建造了轻巡洋舰“普林斯顿”号，以动力装置的进步为标志，军事舰艇的发展进入了一个新的阶段。到二次大战结束前，舰艇的动力系统，除螺旋桨的使用基本没有发生什么变化外，蒸汽机和燃料等都有了发展。

船用蒸汽机在锅炉的改进、推进的方式上都有了发展。蒸汽机带动螺旋桨推动军舰前进的过程大致是这样的：燃料在锅炉内燃烧，产生大量蒸汽，蒸汽以一定形式传给蒸汽机，蒸汽机把热能

变成机械能再通过齿轮箱和轴系的传递，使机械能做功，带动螺旋桨工作。蒸汽轮机动力装置的优点是单机功率大，寿命长，可靠性高，对燃料的要求相对不高。缺点是重量和体积大，机动性差，经济性低，操纵管理复杂。这种动力系统一直使用到20世纪的70年代。早期的锅炉是由内部连杆加固的简单的铁罐子，冶金技术的进步使更强固的铁罐锅炉能容纳两倍于19世纪中叶锅炉的蒸汽，耐压能力大为提高。与此同时，水管锅炉问世了，这种锅炉让水在钢管中流过燃烧加热的气体而获得炽热的水流，大大提高了热效率。到了19世纪末，这种锅炉能产生250磅的压力，驱动达1.4万马力的三级膨胀发动机，使战列舰的航速达到18节，巡洋舰的航速达到24节。不久，涡轮(透平)蒸汽发动机产生，这种发动机和以往的往复式蒸汽发动机相比，每一马力所占的重量较小，可保证提供强大动力。英国战列舰“无畏”号是第一艘用涡轮发动机驱动的，它以21节的速度赶超了所有其它战列舰。

燃料则经历了从煤到石油产品的发展。军舰以煤作为燃料存在三个不足：煤燃烧形成滚滚浓烟，严重影响战舰之间的联系和指挥；与风帆相比，煤作为燃料价格昂贵；煤的燃烧效率不高，不利于远洋航行。煤燃烧形成的浓烟是因为使用了烟煤。19世纪中叶，英国海军为了节省费用曾购买了大量的烟煤供给舰船，其结果是黑烟弥漫，甚至连信号旗也看不清楚，尤其是在当时的波罗的海作战中，直接影响战斗。从此，英国海军规定，战舰必须使用威尔士的无烟煤。法国、德国的煤质量不好，这些国家海军使用的煤也大多从英国进口。威尔士无烟煤成为世界上最珍贵的海军用煤。煤作为舰艇燃料的最大不足是不利于远洋航行。把煤送到炉膛内的工作全靠人力，司炉工把煤一锹一锹地送进炉内，工作环境很差，劳动强度很大，每天要送几十吨煤，非常辛苦，因此，司炉工在当时的船员中所占比例相当大。随着舰船的大型化和航速的提高，煤的搭载量越来越多，直到多得无法储存。例如，“无敌”号巡洋舰航

速23节时,日耗煤量达600吨,舰上的煤库即使达3000吨,也只能够5天使用,这就阻碍了舰船的发展。这促使人们寻找新的燃料,其结果是石油成为舰艇的新能源。

石油产品用于小型船舶的驱动已经有一段时间了,象用于潜艇的内燃机并被作为一种热源产生蒸汽。引起海军关注的是石油象煤一样能够燃烧。在石油提炼过程最后产生的沥青油即重油,能否象煤一样在锅炉中燃烧呢?最初是把重油放在炉内的底板上直接燃烧,结果失败了,后来又用空气喷射法、蒸汽喷射法,效果都不理想,最后在1902年才试验成功了至今仍在使用的压力喷射法。这一年,美国蒸汽机局开始燃油在实船上的应用对比试验。试验的结果令人非常满意:燃烧重油的,24小时烧油13.7吨,平均连续航速为11.75节,而烧煤,日消耗30吨,航速只能达到8节。从此,美国海军确定舰船用燃料由煤改换为燃料油。1906年,美国海军就把"怀俄明"舰的锅炉改造为专烧重油的锅炉,并进行了一系列试验,总结出不少经验。对燃烧重油的锅炉需配备一套重油预热供给燃烧装置。1910年,美国建成了最早的燃烧重油驱逐舰"保尔丁"号,到1920年,美国几乎全部舰艇的燃料都更换为重油。在英国,海军大臣温斯顿·丘吉尔主持执行了把石油用于大型军舰的计划。第一批以石油为燃料的战列舰是英国的2.75万吨的"伊丽莎白女王"级军舰,最早的一艘建于1912年。这些军舰在两次世界大战中都起了重要作用。在这期间,其它几个国家的海军也都纷纷更换舰艇燃料。第一次世界大战时,煤是各国舰船的主要燃料,但是,战后不久,石油作为舰船的燃料推广很快,二次世界大战中,各国海军舰船所用的燃料几乎全部为石油产品。

再次是舰艇防护技术的发展。1853年11月的俄国和土耳其锡诺普之战,以俄国人的胜利而告终。它给人们的启示是,在舰载火炮大为改进的情况下,木壳舰显得不堪一击。非装甲的木壳舰在火炮的攻击下是没有用的,火炮不仅能打散舰壳,也能使它起

火。舰艇的防护提出了不同于古代战船的新的要求。装甲技术出现。在接下来的克里木半岛战争中,法国人吸取锡诺普海战的经验,赶紧建造了三座小型装甲浮动炮台,这是世界上最早参战的铁甲舰。它们的木壳舰体厚 17 英寸,水线以上还护有 4.5 英寸的铁板,当它们在不到 100 码的距离上摧毁要塞的时候,要塞打来的实心弹被铁板弹掉,装药炮弹根本不能伤害它们。装甲技术被普遍接受。在水线以上,最早的装甲舰的结构和布局与它们的先辈木壳舰没有什么不同,众多的火炮仍然布满了两边舷侧,装甲也就延伸至整个舷侧,这就是普遍的防护。火炮的尺寸和威力的增大,既否定了普遍防护,又为重点防护提供了可能。火炮威力的提高,要求越来越厚的装甲防护,如果仍然采取普遍防护,装甲的重量是战舰承载不起的。火炮威力的提高,使得减少舰载火炮数量成为可能,威力巨大的火炮开始集中到舰船的中间位置,装甲区域减少,有可能对这些重点区域实行重点装甲防护,重装甲也有可能使用。随着炮塔座的使用,装甲面可以进一步集中,塔座内的火炮从敞开的顶部伸出可以转动,部分封闭的炮塔也可随着火炮转动。除了对火炮的重点装甲防护,弹药舱、水线部分、主机和面对速射炮威胁的人员,也成为重点装甲防护的对象。

装甲材料随着冶金技术的发展而发生了变化。早期的装甲是铁质的,这个时期的装甲战舰被称为“铁甲舰”。适应火炮威力发展的需要,用于防护材料的铁板越来越厚,英国“无畏”号的水线以下的装甲铁板达到 24 英寸厚。抗侵彻强度更好的钢出现后,很快被用于战舰的防护。就在水线下装甲铁板很厚的“无畏”号上,它的炮塔防护,就采用了钢、铁混合装甲,就是在防护铁板上包一层钢板。1879 年设计的英国的“科罗萨斯”号全舰完全使用混合装甲,水线下的装甲厚度变小,降到了 18 英寸。合金钢的出现和钢处理技术的发展,使装甲厚度不断降低成为可能。哈维的钢表面硬化处理和 1895 年更高级的克鲁伯工艺,使得英国海军 1897 年

批准主力舰“老人星”号水线以下的装甲厚度最低降到6英寸。

水线以下的防护是极为重要的，因为它关系到战舰的沉浮。炮弹击中水线以下的机会不多。当从18世纪开始，欧美在海战中使用水雷，水线以下的防护就成为现实的重要问题。如上所说，人们开始在水线以下的船体上装上防护铁板，厚度曾达24英寸。当1866年第一枚鱼雷产生后，仅仅依靠加强水线下的船体的防护，是远远不够了。鱼雷装药量多，破坏威力大，一般的水下装甲对它都不起作用。水线下的防护必须另辟蹊径，这就是战舰的隔舱化。这种防护方法，就是把舰体的水下部分分成许多互相隔绝的格子式夹层和小室，一旦水下部分被击中，其破坏力被层层减弱，未被击中的部分，仍然可以提供必要的浮力，使得舰船免于沉没。隔舱技术和舰体材料的改进相结合，大大提高了舰艇的防护能力。在第一次世界大战的达达尼尔海峡战役中，英国战列舰“坚强”号，在触发水雷后，仍能撤出战斗，开到马耳他去修理；在第二次世界大战的珊瑚海战役中，美国航空母舰“列克星敦”号，在被两颗鱼雷击中后还可以回收它的飞机。这些都是隔舱防护技术的有效性的例证。

三、航空母舰技术的出现

20世纪海军最引人注目的发展是航空母舰的出现。航空母舰是古老的海军和最新的空军、水上兵器和空中兵器的最佳结合。航空母舰的出现，引起了作战样式、军事理论、武器装备等等的全新变化。在飞机的战斗能力大为提高的条件下，海军失去了制空权，不仅自己失去了有效的攻击手段，也使自己处在被动挨打的境地。航空母舰将水上兵器和空中兵器有机地结合起来，使航空母舰成为一种强大的具有威慑力的综合战争力量。

1910年11月至1911年1月，美国海军先后在两艘临时铺设有木质跑道的舰船上进行飞机的起飞、降落试验，获得成功。1917年，英国海军将“暴怒”号巡洋舰改装成航空母舰，同年，英国海军

订购按航母设计的而非改装的航空母舰“竞技神”号。“竞技神”号于1918年1月开工，由于一次大战结束，工程进度放慢。而此时，日本海军1920年开工的“凤翔”号却抢在1922年底完工服役，成为世界上第一艘“纯血统”的航空母舰。在这期间，美国也有了自己的第一艘航空母舰。在1919—1921年间，排水量为5500吨，也是美国海军第一艘以涡轮——电力推动的“朱庇特”号运煤船被改装成航空母舰“兰利”号，吨位增加到19360吨。

作为舰艇本身，航空母舰与其它舰艇相比，并没有多少特别之处。它的特别之处在于飞机和舰艇的结合，并由此产生了它的特有技术。飞机要能在舰上起飞和降落，需要有相宜的平台，为保证舰载机的着舰安全，就不能有象其它舰艇那样的上层建筑；为了增加舰载机的数量，方便起飞和降落，要有一定库容量的机库，以及相应的能进入机库的飞机；飞机要能在比起陆地上的有限得多的跑道上起飞和降落。美国运煤船“朱庇特”号在改装成航空母舰“兰利”号时，拆除了煤舱上甲板的上层建筑和起重机，从舰首到舰尾安排了13个桁架，上面架设了长165.3米，宽为19.8米的全通飞行甲板，中心设一台飞机升降机。“朱庇特”号的机舱在尾部，原来的6个煤舱中的4个改为飞机库，其余的用作航空汽油库、弹药库和升降机械室。但它有机库却没有机库甲板，飞机要拆成大件才能入库，出库时，要利用前后纵列的两台3吨吊车，把部件吊到中央升降机上装配好再升到飞行甲板上，使用起来费时也极不方便。这些问题在以后的航空母舰的设计中很快得以解决：机库有甲板，能够停放完整的飞机。舰载机的机翼甚至尾翼可折叠。为了使舰载机能在有限的飞行甲板上起飞和降落，出现了相应的弹射技术和阻拦技术。

航空母舰在战争中的重要作用，是在航空母舰的发展中逐渐被人们认识的。最早的航空母舰实际上是载有几架主要是用于侦察的飞机的飞机母舰。最初海军认为，舰艇上装载飞机，提供了一

种很好的侦察手段。在晴朗的天气里，一架高空快速飞机就是一座侦察了望台，它的效能比一艘航速为30节的巡洋舰上的前桅杆了望楼要强得多，早期的航空母舰的设计就是为了携载舰队的侦察机，与有众多巨炮的战列舰相比，航空母舰没有什么战斗力，并不适用于攻击，甚至有人提出，随着飞机的出现，整个海军都过时了，不管它是战列舰还是航空母舰。曾赴欧洲参加第一次世界大战的美国陆军航空部队的威廉·米切尔准将，是一个“空军制胜”论者，他认为有了较好的轰炸机，海军就不起作用了。1921年，他获准使用飞机投掷2000磅的炸弹，去摧毁停泊在弗吉尼亚海角以外的一艘报废的德国战列舰和一艘巡洋舰。试验成功，两艘战舰被击沉。海军飞行员却从中发现了发展航空母舰的有力证据。如果航空母舰上起飞的是有战斗能力的飞机，舰艇的作战能力将会得到极大的提高，舰载机除了是舰队的眼睛外，还是海上作战的可怕力量，航空母舰有着很强的攻击力。舰载机除了有侦察机以外，还应有用于攻击的机种。载有攻击性能的飞机的航空母舰就成了攻击航母。最初的攻击舰母的载机情况是这样的：一个战斗机中队，一个轰炸机中队，一个鱼雷机中队。鱼雷机用于对海上目标的攻击，轰炸机既可用于海上目标，也可用于陆上目标，战斗机用于夺取制空权，以保证自己舰艇的安全和保证轰炸机和鱼雷机在空中的安全。到第二次世界大战中的太平洋战争时，大海战的主角就只能是航空母舰了。航空母舰可以攻击200海里以外的目标，这是其它战舰做不到的。原来战舰中最强大的战列舰，在大洋深处，没有了空中保护，它只能是航空母舰——舰载机的活动靶子。第二次世界大战之后，战列舰渐渐退出现役。

第二节　潜艇技术

潜艇是能潜入水下活动和作战的舰艇，是海军的主要舰种之一。它具有良好的隐蔽性和较强的突击威力。用于攻击大、中型水面舰船和潜艇，袭击海岸设施和陆上重要目标，以及布雷、侦察、输送侦察小分队登陆等。在两次世界大战中，潜艇都发挥了重要作用。

一、潜艇技术的探索

正如人们幻想着能象鸟一样在天空中飞翔，人们也幻想着能象鱼那样在水中畅游。水晶宫和海龙王的神话故事，反映了很早以前人们对从事水下活动的幻想。有记载说，亚力山大大帝曾坐在一种玻璃器内沉至海底，并在海底停留了一段时间。公元前332年，亚力山大在封锁一个港口时，也曾被潜水员砍断舰船的缆绳。潜艇正是这样一种人在水下象鱼一样畅游的理想追求的必然结果。还没有历史材料说明在那个时期，人们是怎样的去探索潜艇技术的，但是，到1578年，英国人威廉·伯恩在他的《发明》一书中指出，要建造一艘能潜入水中并能随意浮出水面的船，那就应保证这船的排水是能够变化的。他写道："在水中任何大小的物体，如果其重量可以变化而其体积可大可小，那么，你要它浮它会浮，你要它沉它就会沉。"这实际上是阿基米德浮力定律的又一种表述方式。有理由相信，这样的认识只能是经过许多实践探索以后的总结。

1620年，长期居住在英国的荷兰物理学家科尼利斯·德雷布尔建造了一艘潜水船，并举办了潜船展览。这艘潜船的船体是木框，外包涂油牛皮，船内装有作为压载水舱的羊皮囊，把囊内水排出船外，船即浮出水面，向囊内注水时，船即潜入水下，深度可达3

—5米，通过划动伸出舷侧的桨叶，船即可前进。这类潜船，大的可容纳12名划手，并且可给一些旅客留下一定的舱室空间。这种潜水船被认为是潜艇的雏形。1653年，一名叫德桑的法国人，在鹿特丹建造了一艘长72英尺，高12英尺，宽8英尺潜艇，但由于动力不足，运动十分困难。1747年英国又出现了另一艘水下船，它是由德文郡的一名叫拉撒内尔·西蒙斯的木匠建造的。它由皮革联结而成的两段结构组成，可以在艇内转动一种螺纹装置，使艇的两段作类似于手风琴式的伸缩，借以调节压载水量。由于经费问题，该艇未能完成。1775年，美国耶鲁大学毕业生戴维特·布什内尔建造了一艘单人驾驶的，以手摇螺旋桨为动力的木壳艇"海龟"号，能在水下停留约30分钟。1776年夏天，追求独立的美国人曾用它潜抵英国战舰"鹰"号舰体下，用固定爆炸装置进行袭击，未获成功。这是使用人力潜艇袭击军舰的第一次尝试，当然也是潜艇袭击军舰的第一次尝试。早期潜艇技术的探索可以得出如下结论：可调的压载水量，是潜艇能够沉浮的关键和基本保证；潜艇可以通过一定的动力装置前进；潜艇可以用于水下作战。

二、早期潜艇的设计与制造

木壳的甚至软体的潜艇，下潜不可能很深，也是极其脆弱的；以人力作为动力，不能使潜艇获得必要的速度，其航行也不能持久；依靠人工或刚性传递方法使用固定爆炸装置进行水下作战，其作战能力是非常有限的；潜艇在水下如何平衡、如何操纵、如何确定目标和方向等等，这些都是在潜艇技术的探索过程中遇到的和必将面临的问题。在潜艇的设计和制造中，这些问题必须得到解决。1796年，美国人罗伯特·富尔顿着手设计了一艘潜艇，艇长21英尺，呈子弹形，舰体为铁架铜壳，有一根可折叠的桅杆和风帆，以便于艇在水面上行驶。艇上装有一台手摇推进器，以保证水下行驶。艇上方有带玻璃罩的指挥塔。美国内战期间出现了蒸汽动力潜艇"大卫"艇。严格说来，"大卫"艇不是真正的潜艇，它是半浮

的，船体在水下，船的上层建筑在水上，是一种介于潜艇与装甲艇之间的战艇。这样一种结构是由使用蒸汽动力要求的。锅炉燃烧需要大量的空气，这在水下是难以办到的，当舱盖盖上以后，贮存在锅炉和贮水箱中的热气，会使艇内温度迅速上升，使温度达到难以忍受的程度。因此，真正的潜艇动力不能是蒸汽机。“大卫”艇在压载航行时，仅上层建筑的很少部分露出水面，通过露出水面的上层建筑，为蒸汽发动机提供所需的氧气，这使得它和水面舰艇不同，又和真正的潜艇不同。1864 年，在美国又出现了另一种类型的潜艇，由亨利建造的“亨利”艇，其独特之处在于它的外形是长雪茄形。南军的“亨利”号潜艇，用水雷炸沉了北军的“休斯敦”号巡洋舰，该艇也同时沉没。这是潜艇击沉军舰的首次战例。

给解决潜艇动力问题提供新的思路的，是法国 1864 年下水的“潜水员”号。该艇长达 140 英尺，排水量达 420 吨，这是 20 世纪之前出现的最大潜艇。潜艇之所以这么大，是因为艇上安装了 80 马力的压缩空气发动机，需要足够大的舱室来放置压缩空气瓶。因为潜艇带有压缩空气瓶，潜艇对水面空气的依赖性相对减小了。对这么大的潜艇来说，虽然马力不足是一个问题，更为重要的是它揭示了可用于实战的潜艇的适航性问题。如何使潜艇能在一定的下潜深度航行，长期以来使设计者和艇员感到头疼，“潜水员”号由于太重、太长、太扁，这方面的问题更加突出。试航结果，水面适航性较好。当加了一定的压载水进入半潜状态时，航行也还平稳。当再增加压载使浮力等于零(即零浮力)完全下潜时，潜艇就失去了控制能力。

现代潜艇之父是爱尔兰籍的美国人约翰·霍兰。霍兰第一个完成了水面、水下使用不同动力系统的双推进系统技术，并把潜艇和鱼雷结合起来，使潜艇成为威力极大的武器。霍兰的设计在今天仍然被人们采用，现代潜艇使用的还是双推进系统，发射鱼雷仍然是潜艇的主要攻击手段。从 1866 年到 1893 年的近 30 年中，霍

兰把自己的全部精力投入到了潜艇的研究和制造中。1881年,他制造了"霍兰-Ⅱ"号,他在这个长为31英尺,排水量为19吨的潜艇上,安装了一台最早期的布雷顿式15马力内燃机,该艇装有一门11英尺长,9英寸口径的气动加农炮,能在水下发射9英尺长的鱼雷。1893年,他制造了新的潜艇,新潜艇安装了45马力的新型汽油发动机,以推动潜艇在水面航行,水面航行时,航速达7节,续航力达1000海里;以蓄电池作动力的电动机驱动潜艇能在水下以5节的速度航行,续航能力达到50海里;艇上装备了一具在气动加农炮的基础上改进的鱼雷发射管。

1897—1899年,一个美国人和一个法国人分别制造出了双壳潜艇。1897年,美国人莱克建成了世界上第一艘双壳潜艇。法国人劳贝夫的"纳维尔"号潜艇1899年下水,其外壳象一艘鱼雷艇,艇的水面时速引人注目地达到11节,续航力为500海里,水下航行时,短距离航速可达8节,如要作数小时航行,速度也能达到5节。双层壳体技术的出现,不仅扩大了潜艇的内部空间,而且使潜艇更易于操纵。双壳潜艇的艇体由内外两层壳体构成。内层叫固壳,具有很高的耐压性能,也称它为耐压艇体,是一个圆柱形的大筒子,主要靠它承受海水的压力,以保证艇员的正常工作和生活。固壳内部通常分隔成几个密封的舱室,以防战斗中负伤后海水灌满整个固壳而使潜艇沉没,同时便于安装各种不同类型的设备和避免工作的互相干扰。外层叫外壳,也称它为非耐压艇体。外壳和固壳之间通常布置有主水柜和调节水柜,能够根据潜艇下潜或上浮的需要,注入或排出海水。压载水柜从原来潜艇的内部移到外面,使潜艇的内部空间扩大,也使制造更大的潜艇成为可能。当向主水柜注水时,潜艇自身的重量增加,就会下潜。当主水柜注满水时,潜艇自身的重量就等于它在水下的排水量,艇体就会悬浮在水中,靠升降舵、方向舵和动力装置掌握它的深度和方向,在水下活动。由于物资、弹药的消耗和海水密度的改变会引起潜艇重量

和浮力的变化，使潜艇在上浮或下潜时不能保持原来的位置，同时，物资、弹药的消耗还可能造成潜艇纵倾，即潜艇一头重一头轻，使得潜艇不好操纵。调节水柜的作用就是便于潜艇的操纵。调整水柜的功能就是随着潜艇本身的重量变化和海水密度的变化，调整水柜水量，以维持潜艇的重量和浮力相等，保持潜艇在水中的悬浮；均衡水柜的功能则是消除潜艇的纵倾，保持潜艇在水中首尾均衡。

三、潜艇技术的进步

发展到霍兰和莱克阶段，潜艇设计和制造的主要技术都已产生。从第一次世界大战前到第二次世界大战结束这段时间，为了适应战争的需要，潜艇技术又有了进一步的完善和发展。

首先是导航和侦察技术的发展。开始，人们想直接使用水面舰艇常见导航设备磁罗盘给潜艇导航，但很快发现，要使磁罗盘能够胜任为潜艇导航，是个无法解决的问题，因为电缆磁场的变化引起罗盘的偏差，既紊乱又难以预测。1908 年完成的陀螺罗盘克服了电磁相互作用给磁罗盘带来的影响，解决了潜艇的导航问题，使潜艇巡航成为可能。在第一次世界大战中，一位被俘的德国潜艇军官说："我们已经习惯了你们的深水炸弹，但我们一直对你们的潜艇提心吊胆"。对付潜艇的最有效的武器是另一艘潜艇。发现水下潜艇，不仅是水面舰艇面临的重要课题，也是潜艇要解决的重要课题。1915 年发明的水听器是解决这一课题的第一步。水听器是声波在水的介质中的传播特性的运用，是最早的声学侦察手段。1490 年，达·芬奇最早记述了把两端开口的水管插入水中听测远处航船的方法，后人把这种传声管称为"芬奇管"，水听器实际上就是发展了的"芬奇管"。这种两组多管组成的水听器，以双耳效应法测定目标方位，其测向精度达到正负 5 度。但是，水听器只能给出水下潜艇的方位，不能给出潜艇的具体位置，并且测向距离很近。第一次世界大战中吃尽德国潜艇苦头的英国人，在两次大

战的空隙里加强了对反潜技术的研究，并取得了可喜的突破，这就是声纳的完善并用于反潜。

第一台声纳于 1916 年由法国的朗之万发明，其技术前提是声电转换材料和真空管的发明。1918 年，他用石英换能器和真空管放大器组成的探测器，收到了潜艇的回波，探测距离达到了 1500 米。与此同时，在英国，由博伊尔领导的名为“ASDIC”的研究小组，利用石英换能器和真空管放大器进行对潜艇探测的研究也取得了成功。1935 年前后，比较符合实战要求的声纳开始投入生产。第二次世界大战中，被击沉的潜艇，有 60% 是由声纳发现的。声纳，也称潜艇探测器，其工作原理与大山里的回声相似。声音在传播中遇到障碍就被反射回来，通过发出声音和接受到声音的时间间隔，再结合声音在不同的介质中的传播速度，就可得知目标的距离。按工作方式，声纳可分为主动声纳和被动声纳。潜艇使用被动声纳时，潜艇保持寂静，以消除背景噪声，其它航行着的潜艇发出的声音就会被声纳接收到，经判型测定后，再启用主动声纳，测出来艇距离。

潜望镜的出现，使得潜艇有可能从水下发现水面目标。1911 年，美国人费德里克·科尔摩根博士完成了 20 世纪最早的潜望镜的设计，并申请了专利。由他创建的科尔摩根公司一直以生产潜望镜而著称世界。差不多在同一时期，德国人和英国人也研制出实用的潜望镜。潜望镜是一种管状的光学观察镜，一头露出水面，对准景物，另一头延伸到潜艇内，以供观察，其技术原理是光的反射和折射。到二战结束前的这段时期，潜望镜的发展经历了两代。第一代是从潜望镜出现到 1939 年。这是一种纯光学的简单潜望镜，它由一个上部望远镜和一个下部望远镜组合而成。景物光线经头部棱镜转向并由物镜会聚到分划板上，然后二者经目镜变为平行光线向下投射到下部望远镜中，再由操纵手经下部望远镜目镜进行观察。中学的物理课上有类似的实验。它的特点是光学口

径大(达 150 毫米),两个望远镜间的距离远,并由此造成视场边缘图像较大的渐晕,虽然这种渐晕对目视观察影响不大。第二代是从二次大战开始直到 60 年代,其改进之处,主要是在消除渐晕,使图像更清晰。这是通过在两个中间像面间加装了 6 个转像透镜和准直透镜来实现的。

其次是动力技术的进步。1909 年,德国人制造出了柴油发动机,柴油机很快就被用在了潜艇上。柴油机的动力更强大,柴油的燃点和汽油相比要高得多,这就使得潜艇的安全系数提高,巡航距离也更远了。潜艇水下航行时仍用电动机,水面航行时,柴油机不仅可以提供动力,而且可以给蓄电池充电。到了二战末期,德国人在动力技术上又有了两个进步。一是通气管的使用。这是一个可伸缩的用于给柴油机提供空气和排除废气的“呼吸”管。有了通气管,潜艇就可以以柴油机为动力在水下一定深度航行,同时还可以给蓄电池充电,不再象过去那样,只可在水面上才能给蓄电池充电和柴油机等内燃机只能用于水面航行。这使得德国潜艇的隐蔽性更好,以至德国潜艇得以在英国水域,甚至美国沿岸水域进行袭击作战。二是“沃尔特”柴油发动机的设计制造。与其它的柴油发动机不同,“沃尔特”发动机不需要空气,用它作为动力的潜艇,不仅不需要浮出水面,而且还可以在水下以高速航行一个相当远的距离。“沃尔特”发动机的工作原理是这样的:过氧化氢经过分解产生氧气和水,氧和水被引进燃烧室,同时喷入燃料,所产生的混合体炽烈燃烧,于是产生蒸汽,蒸汽推动涡轮机,涡轮机又驱动潜艇。过氧化氢提供了氧气,并且,可以提供更大的动力,使潜艇的水下航速达到 25 节。由于潜艇动力技术的不断进步,使得潜艇不断发展。到第二次世界大战结束时,大型潜艇水下排水量达到 1500—2500 吨,水下航速 10 节左右,续航力 1—3 万海里,下潜深度 100—200 米,自给力 30—60 昼夜,装有多具鱼雷发射管,携带鱼雷 20 余枚,舰炮 1—2 门。

潜艇的出现，使得水上战争由水面发展到了水下，大大拓展了战争的空间，水下成为立体战的重要组成部分。虽然在早期的潜艇的设计与制造过程中，德国人并不领先，相反还要落后一些，军方也不太重视，但是，到后来，德国在潜艇的设计与制造的技术上，不仅作出了许多新的贡献，而且是战争中潜艇用得最多最好的国家。第一次世界大战中，英国和德国相互海上封锁，其中德国潜艇发挥了巨大的作用。1914 年 9 月 22 日，德国潜艇“U－9”在挪威沿海，只用了 1 小时 15 分钟，发射 6 枚鱼雷，击沉了英国三艘各为 12000 吨的巡洋舰“阿布克”号、“霍格”号、“克雷西”号。用潜艇袭击商船的成效更是卓著，在整个第一次世界大战中，仅被德国潜艇击沉的运输船和商船就达 1300 余万吨。第二次世界大战中，交战双方广泛使用了潜艇，其战斗活动几乎遍及各大洋。双方潜艇共击沉大、中型水面战舰 174 艘。统一指挥德国潜艇的海军上校卡尔·邓尼茨设计的“狼群”战术，使盟军的海上运输受到重大的损失。第二次世界大战中，德国潜艇共击沉盟军运输船和商船达 1400 多万吨。

第八章　军事电讯技术

军事电讯技术即在军事上利用电信号的传输进行通信的技术。它是在电学与磁学理论取得突破性进展的基础上，充分利用“电磁效应”和电磁波的特性，通过相应的装置从技术上实现声、电、磁相互转换的结果。军事电讯包括有线通信、无线通信，以及电报、电话、电传等各种通信形式。军事电讯技术从根本上改变了利用自然力(人力、畜力)为主要手段的军事通信形式，在军事科技发展史上具有十分重大的意义。它的诞生开辟了军事电子技术领域，促进了雷达技术与电子对抗技术的产生和发展。

第一节　军事电讯技术的产生和发展

人类在走过了漫长的“结绳记事”、运动通信和简易信号通信道路以后，开始步入了一个新的通信时代——“电讯时代”。这是一个人类自觉运用科学原理解决自身需求的时代。从19世纪20年代发现电磁效应，到19世纪末20世纪初电通信已经风靡全球，前后只用了80多年的时间，充分显示了科学转化为技术的加速度趋势。从19世纪60年代开始，电通信纷纷走进各国的军营，并在战争中发挥作用。当然，军事电讯技术除了一般民用通信所要求的迅速、准确、远距、通畅以外，还有机动、保密、抗毁性等等要求。战争的需要推动了军事电讯技术的进一步发展。

一、早期的军事电讯技术

19世纪30年代出现了第一代有线电报机，50年代有线电报开始用于军事通信。美国的麦克莱伦将军可能是最早把电报看成

一种战术武器的人。1861年,美军在弗吉尼亚州第一次使用了电报。不过在电报的管辖权争执中,电报公司获得了胜利。在有线电报逐步普及的过程中,各国军队纷纷加以利用,并有了较为独立的通信系统。开始,军队使用的大多是莫尔斯设计的电报机。这种电报机由电磁铁、线圈、“衔铁”、手键、蓄电池等器件及相关的电路组成。其工作原理是当切断和接通电路时,磁铁便以同样的节奏吸引“衔铁”。固定在“衔铁”上的墨笔便在一条缓慢通过的纸带上留下同电流脉冲相应的点和线的符号。这些“点”、“划”、“空”就是代表相关字母和数字的电码。这种电报机结构十分简单,而且在双向通信中两通信点只能交替地进行发送和接收的工作,所以被称单工电报机。1852年,美国的法默发明了同步双工电报机。在这部电报机中,采用两个转动的电键,线路两端各装一个,使得在一根导线上可以同时拍发两份电报。但是这部电报机很难使两个电键的转动保持同步。直到1872年,美国的斯特恩斯解决了有关技术问题,双工系统才在电报通信中得到了普遍运用。几乎与此同时,法国的电报工程师博多则采取了“时分制”来获得线路复用。他发明的快速电报机内装有一种特殊的分配器,能够以很快的速度使电报线路轮流同几个发报机和收报机相联接,利用电报信号之间的空隙来传递多份电报。双工系统和时分多路制都是利用离散脉冲信号的时空特征,把多组离散信号按一定时间间隔组合成连续信号,在一条电报线路上传输出去,然后再按预定的时间把各路信号的脉冲分离出来。这一技术很快在军事通信中得到采用。在此以后,英国的惠斯顿发明了电报打孔机。拍发电报时,只要预先在一条纸带上打上一组组代表相应字母的小孔,就可以高速度地将电文拍发出去。到19世纪末,许多国家的军队都使用了这种电报机。

19世纪70年代有线电话发明后也很快装备军队。1884年,俄国军队有了电话机,主要用于要塞。19世纪90年代,许多发达

的资本主义国家的军队将有线电话用于军事通信。中国于1903年建立了军事电话通信。野战部队初次使用电话通信是在1904—1905年的中俄战争中。军队早期有线通信的关键设备是送受话器。美国科学家贝尔发明了磁性送受话器，它们是由一片易于振动的薄膜同四周张紧的园形薄铁皮连接在一起，紧贴在励磁线圈前，线圈绕在磁棒上。其工作原理是，当说话的时候薄膜振动带动铁片，使电流和电压发生变化，声运动转化为电磁运动。受话器的原理和送话器一样，不过是转换顺序颠倒而已。美国的大发明家爱迪生则发明了具有放大特性的炭粒式送话器并取得专利。爱迪生的炭粒送话器和贝尔的磁性受话器直到今天仍然是世界上电话系统的主要设备。最初的军用有线电话有磁石式电话机和共电式电话机。磁石式电话机用手摇发电机作振铃信号源并配有通话电源。这类电话机设备简单、机动灵活、使用方便，广泛用于野战条件下的通信联络。共电式电话机的送话器由中心电话站的电源供电。通信线路不太长时，可用共电式电话机，因此它们主要用于司令部机关及军事要塞建立内部电话通信。共电式电话机呼叫电话站时，须将话筒从叉簧上取下，通话用人工接转，使用很不方便。1879年，在美国和英国首次出现了双塞线式电话交换机。这种交换机的主要工作仍由人工完成。用户用手摇感应器使交换台出现掉牌、响铃的信号，接线员询问用户所要的号码，然后接通线路。由于主要是人工操作，效率低，速度慢，劳动强度大。1896年，美国的发明家斯特罗格发明了电话拨号盘和“步进制自动电话交换机”。“步进制自动电话交换机”受拨号盘的控制，送话人在拨打对方的电话号码后，信号传入交换机，交换机一步一步有节奏地完成一系列动作，最终接通电话。由于真正实现了自动交换，大大提高了效率和减轻了劳动强度。1898年中继线用于交换控制，1900年创立了大型交换站的基本中继原理，使得“步进制交换机”趋于成熟。交换机的出现极大地提高了军队的通信联络状况。

19 世纪末期,无线电通信技术进入实用阶段。无线通信一出现,英国海军就首先用它装备舰队。无线通信对于一个拥有众多殖民地的“日不落”帝国是至关重要的。1899 年,英国舰队演习时已经可以在 100 公里或更远的距离上互通电报了。在俄国,波波夫于 1898—1904 年研制出军用无线电台。1910—1913 年,俄国海军部的无线电报仓库制成一批火花式无线电台,其功率为 2000 瓦。20 世纪前后,几乎所有的资本主义国家的军队都建立了“无线电通信兵”,有的甚至装备了机动电台。1904 年,在镇压西南非洲黑雷罗人起义时,德国军队第一次在“战争条件”下使用无线电台,以对付一个殖民地民族。在中国,由于清王朝的腐败无能,20 世纪以前没有自己的电信设备。资本主义列强为了掠夺中国的资源和控制中国的内政,千方百计将电信线路伸向中国,并控制电信权。1869 年,以英国资本家和沙俄王室为主要股东的大北电报公司,开始敷设海参威到日本长崎、长崎到上海、上海到香港的三条通信线路,1871 年在长江口登陆。自此,大北公司侵占中国对外电信权长达 60 至 70 年之久。1879 年设立的中国最早的一条津沽军用电报线也是大北公司承办的。直至 20 世纪初中国才有了自己独立的通信设施。1905 年,中国北洋新军装备了火花式无线电台,供海军舰队指挥通信用,发射功率为 1.5—2.5 千瓦,工作波长为 600 米。早期军用无线电发报机通常为火花式电台,这种电台结构简单,携带方便,适用于野战。但由于它的发射功率较小,传输距离有限。1900 年,杜达发现电弧可用来产生连续振荡。1903 年彼尔森设计成一种能产生 100 千赫“无衰减”连续波的电弧发射器。电弧发射器发明以后,一些国家的军队开始装备电弧式无线电电报机。这种电报机发射功率大,传输距离远,但需要有稳定的交流电源和庞大的天线,适合于作为参谋总部的固定台站。无线电通信设备装备部队以后,使得各国军队的统帅部与前线以及部队与部队之间的长距离通信变得十分便捷了。

二、电子管的发明和军用野战电台

早期的有线与无线通信设备装备部队以后，还没有能完全满足野战军事通信携带方便、远距传输的要求。克服早期军事电通信的缺陷，是在电子管技术发明以后。而电子管的发明首先得益于物理学的进步。19世纪50年代，德国的一个吹玻璃工人盖斯勒发明了一种很好的真空泵，并制成了具有较高真空度的玻璃管，把金属电极封闭在里面。当用这种管子进行真空放电时，对着负极的管壁会出现绿色的辉光。它是最原始的电子管。1876年，德国物理学家戈尔茨坦证实真空管放电时产生的磷光效应是由于“阴极射线”引起的。1879年，英国化学家克鲁克斯用实验证明，阴极射线在磁场中发生偏转——说明它们是带电粒子。1883年，爱迪生在试验改进他所发明的电灯时发现，金属丝与炽热的灯丝虽然并不接触，却有电流通过两者之间的空隙。这个现象被后人称作“爱迪生效应”。1897年，英国物理学家汤姆逊根据前人的发现，从理论上作了概括。他认为，所谓的阴极射线实际上是质量小于氢原子千分之一的粒子。他把它称作“电子”，认为“电子”是最基本的实物粒子，电的本质就是电子的运动。电子被发现以后，“爱迪生效应”就变得非常重要了。

1902年，英国物理学家查理森用实验证实金属在真空中被加热后能够发射电子，并跳过空隙，传导到灯丝上，由此建立了金属发射热电子的经验定律——“查理森定律”。1903年，他又用自由电子理论对该定律作出解释，奠定了热离子学的基础。

1904年，英国的电气工程师弗莱明应用“爱迪生效应”发明了热电子二极真空管。他在一个真空管里装了一个筒形的金属片——“板极”，把灯丝包围起来。当“板极”接正电时，能够吸引灼热灯丝发射的电子，从而接通电路。而当“板极”为负时，它不再吸引电子而是排斥电子，甚至把阴极逸出的电子推回阴极。利用这种特性，不仅可以把它作为检波器，而且还可以将它作为整流器，把

交流电变为直流电。这在交流电有了相当发展以后,给通信带来了使用方便的大功率电源。当年,弗莱明取得了双电极热离子检波器的专利。电子管产生伊始并没有在通信技术中显示出它的巨大作用,主要是没有解决信号放大的问题。要使电子管能起放大作用,必须设法控制电子管中的电子流。1906 年,美国发明家德福雷斯特把控制装置直接装在电子通道上,他在二极管的灯丝的板极之间增添了金属网或金属栅——“栅极”。“栅极”带正电时,能吸引热灯丝发射的电子,使它加速穿过“栅极”上的小孔到达“板极”,从而大大增强电子流。所以,只要将微弱的无线电信号加在“栅极”上,它所引起的很小的电压变化就使“板极”的电流发生很大的变化,而且变化的方式准确地模仿着无线电波的波形。这种真空电子管被称为“三极管”。1912 年,美国电话电报公司的阿诺德和通用电气公司的米兰尔利用真空泵和相应的工艺,研制成“高真空管”。这种真空管由于较好地清除了电子管中的残余气体,避免了电子管在工作时产生离子,提高了电子管工作的稳定性,并使它的放大倍数得以增加。由此,电子管真正走向实用开始由工厂进行制造。随着更高效率的高真空泵和真空、玻璃制造、金属薄片成形以及用钨丝作为灯丝等技术工艺的发展,电子管制造水平也逐步提高,到 1914 就有较大量的电子管上市了。此后,帘栅管等各种多极管也先后问世了。

电子管的发明,满足了军事野战通信机动、远距的要求。因此,电子管一出现就为各国军队所采纳。在第一次世界大战之前,英、法、德、俄等帝国主义国家已经大规模地将电信设施、特别是无线电收发报机装备了军队。由于英法的经济实力较强,无线电军事通信在交战国中处于领先地位。英国为军队提供了“马尔康”式收发无线电台,其中包括有保障方面军以及某些集团军司令部用的 5 千瓦功率的车载电台,供骑兵部队和兵团司令部使用的 0.5 千瓦功率的驮载电台。法国军队用的收信机、放大器及真空管质

量较好。真空管放大器既简单又轻便，既能增大联络距离，又能减轻报务员的工作。他们制造的振荡器能够接收用等幅振荡工作的大功率电台的发信，提高了军事野战通信的可靠性。德国的野战通信技术也不落后。1913 年初，德国物理学家迈斯纳申请了能产生电磁振荡的"反馈电路"专利。利用这种电路可以很容易地得到各种不同频率的无衰减的电磁波，把"反馈电路"用在无线电接收机上，可以组成反馈再生电路，提高接收机的灵敏度。这样，电子管发射机替代弧光发射机就为无线电话提供了较好的条件。德国军队最先采用了这种装置。不过，这种装置并不是迈斯纳的独创，事实上美国的德福雷斯特等人在同一年中也研制成功，何况当时的军事技术封锁不象以后那样严格，因此在第一次世界大战期间，作战双方的前线均出现了"报话机"。俄国在第一次世界大战时经济比较落后，军队在战争初期主要使用的是 0.5 千瓦功率、通信距离 30 公里的火花式电台，笨重并且使用极不方便。战争爆发后的几年中，俄国加紧研制和生产新的军用通信装备。到战争结束时，俄军的无线电通信已臻完备，步兵和炮兵分队都有了电子管无线电台，波罗的海舰队和广阔的海岸开设了组织严密的无线电网。中国军队使用电子管野战电台的时间是在第一次世界大战结束之后。1927 年，中国北伐军开始用电子管短波电台。中国工农红军于 1931 年第一次反围剿中缴获了蒋军的装备，从此我军才开始使用 15 瓦、50 瓦短波电台和小型发报机。

军事电讯在第一次世界大战中初显威力。第一次世界大战显著地表明了军事电讯技术进行联络和指挥的优越性。军事电讯机动、快速、远距的特点有效地保障了指挥系统与作战部队及友邻部队之间的联系畅通，而且它还能收听到本部和敌方大功率电台发出的各种信息，这在当时缺乏更多形式的通信手段的情况下，在战报、文书以及报纸传递不能及时到达的情况下，无疑具有重要意义。利用军事电讯使战争取得有利于己的状况十分明显，仅从俄

军的几次战例中可见一斑。1914 年 10 月，俄德军队在华沙交战时，俄国的第 4、第 5 集团军强行渡过维斯拉河，6 个步兵军都登上了维斯拉河左岸。由于战斗发展不够顺利，有 4 个步兵军被迫撤回到维斯拉河右岸，只剩下一个集团军指挥部和两个集团军被优势德军分割在执尼策城。当时，集团军司令部用顺畅的无线电通信联系指挥着河两岸的步兵军，顽强搏斗了 10 至 12 天，扼守住了以后实施进攻的具有重大意义的登陆场。1914 年 11 月中旬，俄第 2 集团军的第 2、第 23 步兵军以及第 2 西伯利亚步兵军被德优势兵力包围，并在复杂情况下防守于罗兹地区。当时与第 2 集团军司令部以及被围的各步兵军之间的有线通信均已中断。由于很好地组织了无线电通信，避免了被击溃的危险，并且还包围了德军的一部分部队，使德军遭到严重失败。1915 年，俄西北方面军第 4 集团军的第 18 步兵军在腊多姆城西南 50 公里的康士克地区陷入敌军包围。这个军的处境一日不如一日，损失极大，濒临粮尽弹绝。在这困难时期，步兵军司令部的无线电台顺利地与离它不远的第一近卫军骑兵师建立了联络，两支部队配合行动，最后不仅突围，而且还甩掉了敌军。许多战例表明，电讯技术使军队的通信产生了一个质的飞跃，大大提高了军队的整体作战能力。

三、电路设计和军用无线电通信波段的开发

由于战争需要无线电通信，各帝国主义国家都竭尽全力加强和发展自己的电讯工业。在战争的刺激下，无线电技术和制备工艺得到了很大的发展。仅在 1912 年至 1919 年短短的 7、8 年间，新的重大发展就有 20 多项。其中重要的有：1912 年，英国的埃克尔斯发明了电离层传播天线，为短波通信创造了条件。1913 年，英国的斯旺发明了薄金属电阻，改善了电阻的质量。1914 年，美国的克莱因施米特发明了打字电报机。1915 年，美国电话电报公司的卡森发明了单边带传输原理，用单边带传输可以节省能量和信道间隔，成为后来一些年代无线电通信的一种重要手段。德国

的科学家肖特基在这一年研制成栅极管。同一年,英国的坎贝尔研制成电磁滤波器,从而使多频道通信成为可能。1916 年,美国电话电报公司将无线电设备装在 3 艘战舰上,利用载波原理同时进行 9 路传输。1917 年,美国的温特发明电容送话器。1918 年,美国的费森登和阿姆斯特朗在无线电调制技术的基础上,发明和研制了超外差无线电接收器。1919 年,德国的克鲁格发明了金属膜电阻。所有这些发明都很快地用于军事通信。

电讯通信装备是由各种电子元件及电路组成的,电路设计和制作技术的发展对军事电讯技术有重要的作用。电路是组成电流路径的各种装置以及电源的总体。早在奥斯忒、法拉弟电磁感应的实验中就已出现。作为电信,就是要把语言、文字、图象、数据等等信息,变为便于传输的电信号发送出去,然后再通过一定的装置把电信号"译"出来。实现这个转换任务要靠电路来完成。通信设备的电路设计最早产生于有线通信领域。第一代有线电报收发机,就已经把电键、电磁铁、导线、编码器或听筒组成了信号传输和接收系统。初期的无线通信设备把蓄电池、天线、电感线圈、检波器以及电键、电磁铁等进行组合,也是运用了电路。但是,这些电路都是十分简单的,它只要能达到信号的传输和接收的基本响应就行了。电子管出现以后,为通信设备的电路设计和研制开拓了广阔的天地,由此出现了电路技术的专门研究领域。1913 年,迈斯特等人发明了"反馈电路"。这种电路设计把放大器输出端的一部分信号能量回授到放大器的输入端,以补偿电路的损耗,自动维持持续的电磁振荡,克服了发信机电磁振荡随时间衰减的缺陷。为了解决无线电传输语言、音乐等模拟的问题,美国的费森登和阿姆斯特朗于 1918 年发明了超外差电路。它的原理是把不能发射出去的低频信号与一个固定的中频混合起来,传输出去,接收后再从中频检波出原信号。法国的亚伯拉罕和布洛克发明了多谐振荡电路。这一电路通过电容器和电阻的耦合,使两极放大器之间产

生强烈的正反馈,交替地处于一管截止一管饱和的工作状态,因而产生矩形波,这对于脉冲信号的传输是极为有利的。同年,哈磁尔廷研制成中和接收电路。这一电路有效地抵消了电子管放大器中产生危害作用的直通现象和反馈。1919年,美国的埃克尔斯和乔登发明了双稳态触发电路。1921年,阿姆斯特朗提出了超再生原理,它是利用正反馈使接收机产生振荡,以增强灵敏度的理论。1926年,美国的惠勒发明自动音量控制电路,它是利用负反馈自动控制音量的电路理论。1932年,美国的尼奎斯特和布莱克发明用负反馈法改善电子管放大器的频率响应性能,用以减少失真。到了40年代,用电子管组成的无线电通信装置的基本电路都建立起来了。电路理论、电路设计及制作技术的发展有效地提高了军事电讯设备的性能。

为了扩大军事电讯的通信容量和提高通信的速度,就必须尽可能地开拓通信信道。对于无线通信来说,就需要开发无线电通信波段。无线电通信利用电磁波作为信息载体。电磁波有不同的频率和波长,组成电磁振荡。自赫兹发现了无线电波以后,人们经过大量的实验测量,对电磁波的波长有了系统了解。马可尼研制的无线电收发报机用的是无线电短波,由于接收信号有衰减现象,远没有长波稳定,在很长的一段时间里被搁置不用了。第一次世界大战结束以前军用无线电通信的波段主要用长波(千米波)。无线电长波的绕射能力比较强,利用这一特性进行无线电通信可以对障碍不予考虑,且比较稳定,是早期无线电通信利用的主要波段。后来,由于无线电广播的开辟和大量无线电台的出现,使得中长波频道产生“拥挤”,同时,中长波沿着地面传输时它的一部分能量被地球吸收掉了,对用于舰艇、飞机、以及机动部队的小型远距的无线电报机很不适合。要使电波传输得更远,就要大大增加它的发射功率,否则电台的小型化就无法实现。人们开始寻找新的途径,不久又回到马可尼曾经使用的短波信道了。1902年,美国

的亥维赛和肯尼里从无线电绕地球弯曲传输的事实，提出大气圈有电离层的存在。20 年代，英国的阿普顿对无线电波传输过程中的衰减现象进行研究，认为原因也是电离层的存在，并且计算出电离层离地面高度大约有 100 公里。电离层的发现为更好地利用短波进行通信提供了依据。事实上，短波比中长波有更多的优越性。由于短波的频率高，信道的容量大，它用很小的功率就可以进行远距通信，短波电台的成本也比长波电台低得多。1924 年，荷兰人贝兹莱尔在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立了第一条短波线路。短波电台的设备较简单，能用较小的功率进行远距离通信，在军事通信中占有重要地位。因此，各国军队纷纷采用。4 年以后，世界上的短波电台超过了长波台。短波波段的利用导致人们不断开发越来越高的频率，1929 年开始用超短波、微波通信。超短波和微波的频率更高，频带更宽，容量更大，利用它们进行近距离通信和 40 年代所出现的接力通信、电视传输都是很理想的载体。第二次世界大战中，利用地面中间站转发超短波或微波视距信号的接力通信已经用于军事。开发通信波段需要解决的关键问题是研制提供各种频率的发生器。20 世纪 20 年代至 30 年代是这一工作硕果累累的时期。1922 年，美国的卡迪研制成第一个压电谐振石英晶体振荡器。同年，英国的吉尔和莫雷尔研制成减速电场振荡器。1921 年，美国通用电气公司的赫尔发明了磁控管。1924 年，德国的哈邦发现磁控管能自动发生高频电磁振荡。1932 年，美国的华莱士和帕诺拉米克研制成第一台频谱分析仪。1939 年，美国的休利特获得电桥音频振荡器的专利。所有这些发明都为开辟通信波段奠定了基础，也为军事通信拓展了新的空间。

四、军事电讯中的保密技术和电子对抗

军事通信中保密与破密历来是军事斗争的重要形式，军事电讯出现以后，使这一斗争呈现出更加复杂的情况。起初，各国军队对此没有引起足够的重视，野战电台经常用明语或非常简单的密

码，这种简单的密码被截获后可以毫不费力地破译出来。1914年8月，俄第2集团军用无线电发出了许多明码的战斗文书，暴露了自己的作战企图。德第8集团军截听到了这些电报，对俄军的行动有了清楚的了解。德军根据自己的需要很快地就将它利用上了，致使俄第2集团军全军覆灭。到1915年底，第一次世界大战中的各交战国都拨出专门的无线电器材从事情报工作，并建立了整理情报的工作机构。在战争最初几个月出现的无线电侦察系统很快就健全起来。到后来，俄、法、英等国在无线电侦察方面还进行了合作。法国及时地将有关德国电台呼号的组成以及骑兵军团使用固定字母代号的情报告诉俄军。俄海军截获德"马格德堡号"巡洋舰发出的密码并顺利地译成电文，接着又截获德海军舰队出海的命令，立刻转告英国。英军作好了充分准备，对企图进行突然袭击的德国舰队以沉重打击。至此，德军在第一次世界大战中丧失了进行大规模作战的信心和军事实力。无线电侦察的出现对军事通信的保密问题提出了新的课题。为了防止敌方的窃听，一些国家的军队在使用无线电通信时，采用了不断更换频率的方法，以避开敌方的无线电侦察。这种办法不能从根本上解决问题，于是，各国军队加强了机械保密的研究。20世纪30年代出现了模拟式电话保密机。模拟式电话保密机通常采用频域和时域扰乱技术，把话音信号变成密话信号。其工作原理是：发话时，把话音信号的频率或时间分成小段，按预定的方式加以扰乱，使其变为密话信号送入线路；受话时，将收到的密话信号按原来的扰乱进行逆变换，恢复成语音信号。仅扰乱频率或时域的称为一维扰乱，两项同时扰乱的称为二维扰乱。后者比前者具有更高的保密性。扰乱的规律是用密钥控制的。第二次世界大战中又出现了按照一定程序为信息加密和脱密用的密码机。其中的程序由密码机的编码器工作算法和密钥确定，它可将明码变换成暗码，传送出去后由接收方用加密时所使用的密钥脱密。这种机器加密比起人工加密来不仅提

高了密级，而且具有稳定的可靠性。当然，道高一尺魔高一丈。1939年，英国人从一艘击沉的德国军舰中得到一台称为“埃尼格码”的绝密密码机，从而使盟军得以截获并破译希特勒和他的将军们在整个战争期间的来往通信。军事电讯中的保密与破密的斗争在新的起点上展开。

以无线电侦察与反侦察为起点，在两次世界大战中形成了电子对抗这种新型的军事斗争形式。电子对抗即为削弱、破坏敌方电子设备的使用效能和保障己方电子设备正常发挥效能而采取的综合措施。电子对抗包括电子侦察、电子干扰、电子防御等。电子对抗始于20世纪初无线电通信用于军事斗争之后。第一次世界大战中，交战双方曾用无线电通信设备侦收对方的信息和干扰对方的通信联络，对无线电通信的侦察和干扰一般使用相同频段工作的无线电收发信机。第二次世界大战期间，电子对抗的领域、手段和规模都有了很大的发展。在通信对抗不断发展的同时，导航对抗出现，雷达对抗迅速兴起。一些国家相继建立了电子对抗专业部队，研究发展了有源干扰技术和无源干扰技术，生产了数十种电子对抗设备和器材，各种相应的反干扰和改变频率、扩展频率、目标显示等技术也付诸使用。英、美、德等国先后研制并装备了专用的无线电侦察接收机、无线电干扰发射机以及铝箔片(带)、角反射器等，尽管当时的设备比较简单，但收到了明显的效果。1940年8月，德军采用新的导航方法，即利用两导航台的波束在轰炸目标上空相交，使轰炸机沿狭窄的波束飞行，到波束交叉点时投弹。为了对付这种新的威胁，英军在海岸上设立了大功率发射台，使德军导航台波束相交点大大偏离原来方向，使其轰炸效果降低了80%。1943年夏，英国轰炸机大举进攻德国汉堡市。空袭开始之夜，英轰炸机在德军防空阵地上空投撒了大量锡箔片和云母片，它们在空中漂荡了30分钟，使德军的搜索雷达和炮瞄雷达不能正常工作。英军出动了3095架飞机成功地轰炸了汉堡市，被击落的仅

87架。第二次世界大战期间,有些国家把功能单一的电子侦察和干扰设备装在轰炸机上,形成最早的电子对抗飞机。1943年,美空军用B－24飞机装备了机载电子侦察设备,侦察了日本阿留申群岛上设置的雷达站,了解了雷达的位置、性能参数、雷达盲区等等。然后,轰炸机从盲区潜入,成功地摧毁了日方的雷达。1944年6月盟军在诺曼底登陆是第二次世界大战中最典型的电子对抗战例。战前,盟军对德军所有雷达的工作频率、性能及配置情况进行了详细的侦察,从而为干扰作好了准备。在无线电通信方面,联军通信参谋部发出一些内容虚假的电报,并作了一些故意的"泄密",使德军误认为联军将在布伦地区登陆。战役开始时,联军在布伦地区使用了大量小艇,艇上装载了角反射器,并悬放涂铝的干扰气球,空投干扰箔条,使德军的雷达显示器上出现了大批"军舰"和"飞机"。于是,德军对联军在布伦登陆深信不疑,匆忙调动部队赶往应战。此时,联军迅速向诺曼底半岛发动了真正的进攻。两次世界大战中电子对抗的出现,开辟了军事斗争的新领域,这种事半功倍的作战样式,促进了军事科技在这一方面的大力研究。

第二节　军用雷达技术

雷达,即运用无线电定位方法,探测、识别目标,测定目标坐标和其它特性的军用电子装备。雷达由发射机、接收机、天线系统、输出装置、防干扰设备和电源组成。雷达具有发现目标距离远、测定目标坐标速度快、能全天候使用等特点。因此在警戒、引导、武器控制、侦察、航行保障、敌我识别等方面得到广泛应用。自20世纪30年代发明以来,成为军事斗争中的一种重要技术装备。

一、军用雷达的发明

雷达探测目标的原理很早就提出来了。赫兹曾经得出无线电

波可以被金属或介质反射的实验观察结果。1902 年，美国的费森登曾用自己研制的高频发电机发射了等幅电磁波，这实际上是雷达发射机的雏型。1904 年，德国工程师惠尔斯麦耶发明了“障碍物探测器及船舶导航装置”。这项发明在几个国家都获得了专利，但由于探测距离只有一英里左右，与目视距离相差无几，因而未得到重视。1922 年，马可尼提出了一个相当实用的雷达系统设计。在他的实验中，几英里之外的金属物体能反射和折射无线电波。马可尼对这种无线电探测技术大力宣传，但支持的人很少。1925 年，勃雷特和杜威进行电离层高度的测量研究时，第一次应用脉冲技术来测量距离。1926 年，奥地利科学家劳里取得了雷达的技术专利。这些前期的试验为以后的研究铺平了道路，也逐渐引起了人们的重视。但是，由于当时无线电应用波段主要是长波，方向性较差，只能对一些稳定的大目标进行探测，而象飞机那样的较小的运动目标却无法进行探测，这就限制了它在军事上的运用。只是到了 20 世纪 30 年代，随着无线电通信短波及微波波段的开发，发射的电磁波方向性越来越好，能量也越来越大，这才为发明实用雷达提供了可能性。

20 世纪 20 年代末 30 年代初，许多国家为了取得战争的主动权，开展了对军用雷达的研究。1922 年，美国海军的两个实验员泰勒和扬格在华盛顿附近的波特麦克河两岸进行短波无线电通信试验时，发现船只在发射机与接收机中间穿过就会使通信发生影响，甚至中断。据此，他们提议在两艘驱逐舰上安装发射机和接收机，利用无线电通信设备来监测穿行于两舰之间的船只。这可能是无线电监测技术最早在军事上的运用。1931 年，美国海军研究所制定了一项《用无线电检测敌人舰船和飞机》的计划。装备部队的第一部试验性雷达系统是使用连续波工作的，它利用发射机所发出的的直接信号与活动目标的反射信号之间的干涉现象(产生多普勒频移)进行检测。1932 年，美国海军研究实验室用连续波

干涉雷达成功地探测到50英里外的飞机。连续波探测雷达只能探测目标的存在与否，还不能探测到目标的准确位置，人们后来才认识到脉冲技术可以解决这个问题。当时所以使用这种雷达是由于连续波设备容易制造的缘故，而脉冲雷达必须等高脉冲功率管、脉冲接收技术的发展成熟后才能实现。脉冲是一种间歇信号，雷达发射出这种间歇信号，遇到障碍反射回来，可以动态地反映运动目标的状况。雷达利用脉冲技术来实现这种信号的形成、变换、放大、调制，就能够探测到目标的准确位置了。1930年，美国陆军通信兵团的布莱尔上校曾得到脉冲回波搜索和测距的专利，不过这一专利并没有马上付之实施，原因是发射与接收脉冲信号的电子元件与技术还不成熟。1934年，美国海军研究所开始研制脉冲雷达，1936年获得成功。这种200兆赫的脉冲雷达于第二年装备在USS“勒里”驱逐舰上，作用距离10—12英里。1937年，美国无线电公司制成第一台机载雷达系统和第一台扫描雷达。1938年，美国海军研制出最早的舰载警戒雷达XAF，舰载雷达用于探测和跟踪海面和空中目标，为武器系统提供目标坐标，引导舰载飞机的飞行和着舰，并保障舰艇的航行安全和战术机动。美国海军研制的舰载雷达安装在“纽约号”战列舰上，其工作频率为195兆赫，对飞机的探测距离为137公里，对舰艇的探测距离大于20公里。同年，美国陆军通信兵研制出第一部防空火控雷达SCR-268，由于雷达探测的精度不高，夜间作战时与探照灯组合进行火力控制。1939年，美陆军又研制出远距离警戒雷达SCR-270，并装备部队。

英国开始研制雷达的时间比美国晚，但在二次世界大战之前，英国对战争临近的感觉比较强烈，而且由于所处的地理位置容易受空中攻击，因此投入相当大的力量发展雷达。1935年6月，英国比美国早一年展示了脉冲技术对飞机进行距离测量方面的成就。1936年，英国物理学家沃森·瓦特设计了“本土链”CH对空警

戒雷达，这种雷达的工作频率为22—28兆赫，对飞机的探测距离可达250公里，探测高度为5000米。1938年，CH系统正式投入使用，开始部署在泰晤士河附近。到1941年，沿英国海岸部署了完整的雷达警戒网，这一雷达网在战争期间在对海防御探测和岸防武器控制方面发挥了巨大作用。1938—1939年，英国研制出最早的机载对海搜索雷达ASV MarkⅡ和第一批AI型机载截击雷达。机载雷达装在飞机上，用于制导武器，实施空中警戒、侦察、引导轰炸，保障准确航行和飞行安全。机载雷达的出现使军用飞机如虎添翼。法国无线电公司的科学家于1934年开始使用无线电米波和分米波探测技术，首要目的是保证海上航行的安全。第二年，他们将使用磁控管和脉冲电波原理的分米波"障碍探测器"安装在大型客轮诺曼第号上，由于应用成功，1936年又在哈佛尔港建立了雷达设备，监控港口船只的进出。同时，法国也对飞机探测雷达作了研究，到1939年独立地研制出自己的雷达系统。在此期间，苏联、德国、日本等国也各自研制出雷达，装备军队。

二、微波技术的发展和雷达技术的进步

早期的军用雷达使用的工作频率是短波和超短波(1米到100米)。人们在实践中发现，频率越高，波长越短，干扰范围就愈小，分辨率愈强。1929年，法国的克拉维开始制定微波(厘米波)通信计划，1931年进行试验，1933年建立了第一条商用微波通信线路。微波通信的成功和雷达在军事上的显著作用促使各国对这门技术进行深入研究。雷达要使用微波作为自己的工作频率，最关键的是要有一个功率强大的发射器。于是，各种微波电子管的发明应运而生。1940年，英国的布特、兰道尔和苏联的阿列克谢耶夫、马略罗夫分别制成环形多腔电子磁控管。它是一种高功率、高效率的微波源，它的发明促进了近代雷达技术的发展。另一种微波电子管——速调管是在第二次世界大战之前就发明的。1933年，德国的奥斯卡和海尔发现了电子束的速度调制原理。1937年，美国

的拉塞尔、西路达兄弟俩与汉森一道，使用斯坦福大学的仅100美元的补助金，根据速度调制原理，设计、制造和试验了第一只速调管，并取得了较稳定的振荡。1943年，在美国海军部工作的库普尼研究提高速调管效率的方法，在降低射频场速度从而增强与电子束间的耦合时，设计了第一只螺旋线型行波管。微波电子管的发明为微波雷达的诞生创造了技术条件。

20年世纪40年代，微波多腔磁控管的研制成功和微波技术的发展，引起了各国军事部门的高度重视。1940年9月，英国以亨利·泰萨德为团长的使团，带着磁控管来到美国，于是开始了研究军用微波雷达的合作。英国科学家布特、兰道尔发明的磁控管在美国贝尔实验室进行试验，获得了3000兆赫频率，10千瓦脉冲峰值功率，比以前最好的三极管功率大5倍，频率高4倍，它是产生高频电磁波的理想元件。1941年11月，美国麻省理工学院的辐射实验室承担了微波雷达的研究工作，一批物理学家为此作出了重大贡献。不久，微波雷达问世。微波雷达具有测量精度高，体积小，操作灵活的优点，因而雷达的用途扩展到武器控制、炮位侦察、投弹瞄准等方面。40年代初期，美国和英国研制出早期的引导雷达和目标指示雷达。引导雷达用于引导歼击机截击敌方的航空器，其探测范围虽低于警戒雷达，但精度和分辨率较高。目标指示雷达则为高射炮部队提供防区内的全部空情，并提供目标的坐标，使高射炮能迅速地捕捉到目标。同期，美国和英国又研制出H2S型(10厘米)、H2X型(3厘米)微波机载轰炸雷达，1942—1943年先后投入使用。美国还于1943年中期研制成最早的炮瞄雷达AN/SCR-584，工作波长为10厘米，测距精度为正负22.8米，测角精度为正负0.06度。炮瞄雷达能连续测定空中目标，它与指挥仪配合，大大提高了高射炮射击的命中率。1944年，德国发射V-1导弹袭击伦敦时，最初英国防空军击落1枚V-1导弹需要发射上千发炮弹，而使用了这种瞄准雷达后，平均仅需要50

余发炮弹。至此,军用雷达进入了成熟的阶段。

雷达作为一种新式武器,一投入使用就发挥出巨大的作用,特别在第二次世界大战中显示了巨大的威力。1940—1941 年,德军在轰炸英伦三岛的时候,每次都遇到英军有秩序的防空准备和地面炮火的猛烈射击,因而损失惨重。为此,纳粹统帅部十分恐慌,以为英国掌握了什么"秘密武器"。其实这个秘密武器就是安装在英国海岸线上的雷达网。雷达的"视觉"是不受天气、时间影响的,这一点对作战很重要。正当德国轰炸机几乎可以随意对大不列颠进行夜袭之时,英国皇家空军的首脑就大胆预言:"夜间轰炸开春即将急剧减少。"事实果真如此,不久德国飞机接二连三被击落,从而结束了不列颠之战。这主要归功于英国皇家空军战斗机上的新式雷达装置。雷达对于海战也有重要意义。1941 年 3 月 28 日夜晚,英国舰队的舰载雷达发现意大利一个混合舰队正在地中海航行,由于力量悬殊,而且意大利舰队的速度很快,英舰无法躲避。此时,英舰凭借着雷达在黑暗上准确的定位,出其不意地进行攻击,一举击沉了意大利舰队巡洋舰 3 艘、驱逐舰 2 艘,使其它的舰只陷入混乱,自己从容地离开战区。同年 5 月 24 日,在英国军舰和德国主力舰"俾斯麦"号的遭遇战中,"俾斯麦"号被英舰的鱼雷击中,但是却逃脱了英舰队的搜捕。英国舰队依靠雷达又重新发现了它,并把它埋葬在海底。

第九章　军事生物化学技术

军事生物化学技术，是指军队利用生化毒剂的致病效应进行杀伤人畜、破坏农作物的技术。军事生化技术产生于第一次世界大战，是 19 世纪末 20 世纪初自然科学，特别是生物学和化学理论及其工业迅速兴起的产物，也是近代战争发展的需要。它自问世以来，便引起了全世界爱好和平的人们的广泛关注，尤其是进攻性生化武器在战争中的大量使用，使人们更加清醒地认识到生化武器给人类带来的巨大灾难。为此，国际社会进行了不懈的努力，先后制定了一系列的协定和公约，试图全面禁止生化武器的研制、生产和使用。然而，几十年来的实践表明，生化武器及其技术的发展、扩散，从未得到有效制止。相反，研制生化武器的国家却由几个大国扩展到目前的几十个国家，而且战剂的种类、性能不断翻新，施放技术不断现代化。这应当引起我们的高度重视。

第一节　军事生物技术

第一次世界大战期间，德国首先使用制式的生物武器袭击了协约国军队，标志着军事生物技术的诞生。军事生物技术包括进攻性武器技术和生物武器的防护技术两个方面。所谓进攻性武器技术，主要是指生物战剂及其施放工具的研制、生产技术，是军事生物技术的主导方面；防护技术则是指对生物战剂的预防、侦检、消毒以及消灭其媒介等所采取的技术手段。二者的有机统一，构成了生物战的基本技术支撑。战后几十年来，尽管生物武器受到了国际舆论的强烈遣责，但科技进步的推动作用和一些国家企图

利用生物技术的特殊军事效应的不良动机，促使生物武器及技术一直在秘密地发展，从而使现代生物战依然是构成人类最大威胁的潜在因素之一。

一、生物武器的出现

生物武器是生物战剂及其施放装置的总称。其杀伤破坏作用不是靠弹片或炸药，而是靠其中装载的生物战剂，使人员、牲畜、农作物等致病或死亡。生物战剂包括失能性战剂和致死性战剂，是生物武器的基础和决定性要素。早期，由于受科技术水平的限制，用作战争手段的战剂主要是致病性细菌，故有“细菌武器”之称。现今，随着科学技术的发展，构成生物武器的战剂除细菌类外，还包括病毒、立克次体、衣原体、毒素和真菌等五大类。细菌是单细胞微生物，体积很小，通常以微米(1/1000mm)计算其大小。细菌种类很多，但可以作为生物战剂的主要有鼠疫杆菌、炭疽杆菌、霍乱杆菌、野兔杆菌、布氏杆菌等。病毒比细菌还小，只有在电子显微镜下才能看到，不具有细胞结构，只能在一定的活细胞内生长繁殖，它可分为动物、植物和细菌三类病毒，如天花病毒、黄热病毒、各种脑炎病毒等。立克次体是介于细菌和病毒之间的一种微生物，一般不耐热，但耐冷，易被化学药品杀死，对广谱抗菌素也较敏感，可作为生物战剂的主要有Q热立克次体、斑疹伤寒立克次体等。衣原体是一群与革兰氏阴性菌有密切亲缘关系的细胞内寄生性微生物，目前公认的衣原体是鹦鹉热衣原体和沙眼衣原体，前者可作为生物战剂。毒素是某些致病性细菌在生长繁殖过程中，合成的对人畜有害的物质，可用作战剂的主要有肉毒杆菌毒素、葡萄球菌肠毒素等。真菌结构比较复杂，有明显的细胞核，常形成菌丝和孢子，能致人病者多为慢性，可用作战剂的主要有球孢子菌、组织包浆菌等。

致病微生物作为制式武器用于战争，始于第一次世界大战。但是把细菌、病毒用于战争却是古来有之。据史料记载，1346年，

鞑靼人围攻克里米亚东海岸的一个重要贸易港口卡发城(现费奥多西亚)。由于热亚那人修筑了坚固的城防设施,鞑靼人围攻了三年也无法攻克。当时正值鼠疫在亚洲流行,途经贸易传到克里米亚,围攻卡发城的鞑靼人被染上了鼠疫。鞑靼人便将鼠疫患者的尸体放在机械投掷装置中抛入卡发城内,使守卫者热亚那人大量染病甚至死亡,被迫放弃卡发城从水路逃离。逃离者乘船途经西西里岛、撒丁岛、科西嘉岛,结果使鼠疫一路传染,最终到达意大利的热那亚港时大部分都发病身亡,幸存者不到1%。更为严重的是鼠疫由此传染到整个意大利以至遍及欧洲,估计死亡人数达2000万,约占当时欧洲人口的1/3,被称之为"黑色死亡"。在这里,鼠疫充当了战争手段,并成为大规模的毁灭性武器。可以说,这是最早的一次细菌战。它以始料不及的劫难充分展现了生物战剂的特有功能。

在古老的尚可称为生物战的军事技术中,有一种方法是用人或动物的尸体污染水源,或者将未埋葬的尸体故意抛在敌人可能经过或进攻的地方,以使对方染病减员。但这些尸体带有何种细菌,其传染性如何,往往不十分清楚。因而效果也难以预料。较为高级的生物战技术,是"传染性礼品",即将传染病患者使用过的物件作为"礼品"送给敌方,以造成传染病流行。1763年,英国殖民者为征服印第安人,亨利·博克特上校曾根据英国驻北美总司令杰佛里·阿默斯特的授意,在俄亥俄一宾夕伐利亚的印第安人居住区,进行了一次不见枪声的生物战。博克特通过自己的部下,从医院里拿来天花病人用过的毯子和手帕,送给了两位反叛的印第安部落首领。几个月后,天花在俄亥俄地区的各印第安部落中流行开来,从而实现了其用病毒杀人的目的。

上述事实表明,人们对病原微生物及其在军事上的应用,早在若干年前即已有所认识,只不过受当时条件的制约,人们只能利用天然疫源而无法采取人工方法大量制造生物战剂。进入19世纪

末20世纪初,情况发生了根本变化。生物科学在达尔文"进化论"的推动下,获得了迅速发展。微生物学、解剖学、生理学、细胞学、遗传学等分科,普遍运用进化论观点和实验方法取得了很大成就,加之新技术革命给欧美工业化国家所带来的全面技术进步,这就使人工培育生物战剂进而研制和使用生物武器成为可能。1914年8月,第一次世界大战爆发后,德国加快了生物武器的研制步伐,并于1917年在美索不达米亚成功地使英法联军的4500匹骡马染上了鼻疽。此后,马鼻疽在欧洲广为流传,仅法国军队就相继有58000匹马受到了感染。尽管整个一战期间的生物武器及其使用远比不上化学武器那样引人注目,但它却以特有的方式和杀伤效应,开了生物技术用于战争的先河。

二、第二次世界大战以来的生物武器技术

第一次世界大战期间,德国首开生物战先例,但进行生物战准备的决非仅仅是德国。由于军事生物技术与民用技术结合的比较紧密,加之研制生物武器的国家往往采取极为保密的措施,这就使生物武器技术更带有扑朔迷离的色彩。实际上,大战初期就有德、奥、匈、法、意、俄、美等七个国家,已从事生物武器的研制。生物武器作为近代出现的大规模杀伤武器,与包括核化武器在内的其它武器相比,其杀伤破坏作用不仅面积效应大、危害时间长,而且致病性和传染性强。据国外文献报道:A型肉毒毒素的呼吸道半致死浓度仅为神经性毒剂VX的3%;人员吸入一个Q热立克次体,就可能引起Q热感染;在适宜条件下,1克感染Q热立克次体的鸡胚组织,分散成1微米的气溶胶粒子,就可使100万以上的人受感染;12个被鸟疫衣原体感染的鸡蛋,就可感染全球居民。从效应范围看,生物武器也是核化武器所不可比拟的。1969年,联合国秘书长在一次报告中推算:一个容量为500万升的水库,投放0.5千克沙门氏菌后,均匀分布,就可污染整个水库,人若饮用污染水100毫升,就可能严重发病,这一效果则需要10吨剧毒氰化

钾才能达到。据世界卫生组织出版的《化学和生物武器及其可能的使用效果》一书介绍，一架战略轰炸机，所载的核、化学和生物武器对无防护人群进行假定的袭击，所造成的有效杀伤面积分别为：100万吨当量级的核武器约为300平方公里，15吨神经性毒剂约60平方公里，10吨生物战剂则可达10万平方公里。这说明，在核生化武器中，生物武器单位重量战剂的效应面积最大。不仅如此，由于自然环境中许多昆虫和动物是致病微生物的宿主，不少致病微生物能在媒体内长期存活甚至经卵传代，因而有些生物战剂可以存活相当长的时间。据报道，英国1942年曾在苏格兰西北部大西洋中的格林纳达岛上作过炭疽芽胞污染试验，24年后(1966年)检查，发现该岛仍处于严重污染状态，估计可能会延长100年左右。

第二次世界大战期间，研制和拥有生物武器的国家已达30多个，但使用生物武器的主要是日本军国主义者。在欧洲战场，由于纳粹德国等侵略者担心对方生物武器的报复，故虽有准备，却未敢轻举妄动。倒是日本肆无忌惮地在亚洲重点是中国大量研制和使用了生物武器。据1946年苏联伯力的远东军事法庭披露的材料，日本军队在1930年就开始研制细菌武器。“九·一八”事变后，从1932到1933年，日本战犯石井四郎等在我国东北境内建立了细菌实验室和以“东乡”为代号的细菌部队。1935至1936年，该实验室扩建成一个研究所。1940年，其主要力量移到哈尔滨地区。为保密起见，称关东军防疫给水部队，又称“加茂部队”(因细菌部队初建时驻在日本千代田村的加茂小村而得名)，后改为“731”部队。其中，科技人员和军人共计3000多名，有大量的细菌培养装置，主要研制高传染性的致死性(病死率在10%以上)细菌战剂及其媒体，每月能生产鼠疫干菌菌液300千克，霍乱菌1000千克，炭疽杆菌600千克，跳蚤200千克(每千克约300万只)。从1939年到日本投降时，这里采取细菌战演习、活体试验等，共杀伤了3000

名中国人和少数苏联、蒙古、朝鲜人。

与此同时，日本还在我国长春、北平、济南、南京、广州等其它中心城市，设立了所谓的地区性“防疫给水总部”和“科学部队”，进行了大量的细菌武器研制、生产和细菌战实战试验。在整个二战期间，日本军国主义者在我国研制和使用的致病性微生物，不仅有针对于人的鼠疫、霍乱、伤寒、白喉、赤痢、猩红热、破伤风、BCG、麻疯、脑膜炎等名目繁多的疫苗及血清，也有适用于牲畜和农作物的炭疽菌、鼻疽菌、黑穗和花叶病菌等。其种类之多、数量之大、手段之残忍都是战争史上所罕见的。不仅如此，日本侵略者在生物战剂的施放手段上也是开了先例的。他们在全面侵华战争开始不久，便动用轰炸机布撒肺结核、鼠疫等致病细菌，并使之与投弹、撒播化学战剂相结合，从而把生物战的实施手段推向了现代化。。

不过，从技术史的角度来看，最能代表二战期间生物武器发展水平的还是美国。美国从 1941 年开始大规模地研制生物武器，采取了专门机构加合同的体制，调动了若干大学和私人公司，并于 1944 年建成了一座专门生产生物战剂的工厂。据有关材料表明，从 1943 年至 1946 年，作为研究中心的狄特里克营曾先后发生 25 名炭疽病例，17 名布氏菌病例，7 名野兔热病例，6 名鼻疽病例和 1 名鹦鹉热病例。这足以说明，美国的战剂开发能力和技术水平当时就已大大超过了德国和日本。从 1950 年到 1952 年上半年，美国为了挽救其在战场上的失败，在朝鲜境内和我国东北地区多次大规模地实施了生物战。使用的生物战剂，主要有细菌、病毒和立克次体三大类，包括鼠疫杆菌、霍乱弧菌、志贺氏痢疾杆菌、巴斯德杆菌、天花、脑炎、斑疹伤寒病原体等致死性和失能性致病微生物。在实施手段上，则主要是用飞机空降毒物、毒虫和装有生物战剂的特别“炸弹”。其中，带菌毒物主要是不大容易引起人们察觉的野鸡、青蛙、死鱼、羽毛、树叶、信封、纸片等；毒虫更是种类繁多，如 1952 年 2 月至 3 月，仅我 68 军阵地前沿及后方就发现敌机布

撒的毒虫有苍蝇、蚊子、跳蚤、蜘蛛、小白虫、小蜈蚣等十几种之多。在许多地方，还发现这些昆虫含有卵子。专家认为，这些带菌毒虫并非天然，而是人工培养出来的。同时，美国还广泛地采用了气容胶施放技术，即用飞机装载气容胶发生器，直接喷洒形成生物战剂气溶胶。

二战后，特别是70年代以来，随着微生物学及有关科学技术的发展和军备扩张的日益加剧，美苏两个军事大国，相继把生物技术和遗传工程技术的成果，运用于军事目的，从而把生物战剂制造技术的发展推向了一个新阶段。虽然美国和苏联都是1972年《禁止细菌（生物）与毒素武器的发展，生产及储存以及销毁这类武器的公约》的签字国，但实际上，两国都把生物武器作为争夺军备竞赛优势的一个法码，摆在了更加重要的位置，不仅没有停止生产和销毁生物武器，反而为研制、发展新型战剂投入了大量的人力、物力和财力。如美国国防部的细菌战研究计划在里根执政期间扩大了4倍，每年经费达9000万美元以上。这项计划从80年代初开始实施，涉及到100多个国立与私立实验室、办公室，以及有关的军事机构。主要研究方向：寻求新的运载系统，以便增强对生物战剂的运载能力；寻求新的制造方法，以延长生物战剂的持久度；研制各种有特殊性的生物武器，以增强其杀伤效果。在美国大力发展生物武器的同时，苏联也一直没有放松生物武器的研制。据美国中央情报局1985年的一次报告说，苏联自签定公约以来，也一直保持着进攻性生物战计划和能力，并在斯维尔德洛夫斯克和扎戈尔斯克建有生物武器设施。1979年4月，因发生事故，大量的炭疽孢子在斯维尔德洛夫斯克城传播开来，致使大约有200—1000人丧生的事实，证明了美国的判断。1989年10月1日的英国《星期日泰晤士报》也披露，苏联确实在研制能摧毁部队作战能力的遗传工程毒剂，并已在12个秘密研究站进行了试验。伴随着生物战剂的大量研制，这一时期，运载技术和散布手段也更加现代

化。许多导弹、火箭运载系统已能把生物战剂播到广大地区,各种装填不同生物战剂的导弹战斗部、航弹、集束炸弹、火箭炮弹药、生物地雷、布洒器、喷雾器等纷纷出现。这不仅表明生物武器的运载能力发生了质的飞跃,而且战剂的"弹药"化和雾化技术也获得了重大进步。从而为提高生物武器的战技术性能创造了更为有利的条件。

近年来,基因工程、发酵工程、细胞工程和蛋白质工程等新技术相继出现,使潜在性生物战剂和毒素战剂的种类大大增多。这为生物武器的发展开辟了更加广阔的前景。从国外已有的资料和研究成果看,生物武器的发展除继续改进和使用已有的致病性强、传染性高的生物战剂外,有两大趋势是值得引起我们高度注意的。一个是利用生物技术研制"基因武器",即采用基因技术研制的生物战剂。目前,这种技术已用于研制 20 多种病毒、5 种立克次体、10 种细菌及毒素。尽管这些毒素用作实用的生物战剂尚需进一步研究,但毕竟已有很大的可能性。据美国科技记者查尔斯·皮勒与美国生物学家、基因技术专家基斯·亚马莫顿合著的《基因战争》一书披露,80 年代末 90 年代初,至少已有苏联和英国制定了研制"基因武器"的计划。二是寻找新的病原体作为生物战剂。据国外文献报道,有的国家从非洲等地搜集拉沙病热、伊波拉出血热、马尔保热等致病性强的病毒,试图作为新的生物战剂,但由于解决其稳定性和防护等技术方面的原因,目前尚均未达到生物战剂的基本要求。然而近年来生物工程技术的发展,将使这些病毒用作战剂成为可能。此外,现已发现可能生产的毒素还有肉毒毒素、河豚毒素、西加鱼毒素、刺尾鱼毒素等,白喉、破伤风等毒素也可用化学方法合成。这些合成的毒素伤亡效应极高,一般为神经性毒剂的 30—300 倍。据有关材料表明,美国对所谓的"黄雨"毒素,即单端孢霉烯族化合物进行了毒理及防护方面的研究。该毒素非常稳定、耐热,且无抗原体、低分子,因而易大量生产,能保存数年,不易

侦检，能通过多种途径中毒，人畜染毒后不易诊断和缺乏特异性预防及治疗药物。上述这些新的毒素，一旦用作杀人武器，将是人类的灾难。

三、生物武器的防护技术

生物武器的防护技术，又称防御技术，主要包括对生物武器袭击的预防技术、侦察技术和消毒技术。严格地说，对人畜中毒的治疗、护理也属于防护的内容，但由于这方面的技术与日常生活中的民用医疗防疫技术是通用的，故一般不把它列为军事生物技术的范畴。比如，平时使用的各种防疫药物对战时生物战剂的防治，同样是适用的。

生物武器的防护技术，是随着生物武器的使用和发展而产生、发展的。与化学武器不同，生物武器是活生物体，它主要是通过带菌毒的微生物进入人畜呼吸道、眼睛以及感染皮肤而达到对人畜杀伤的目的。因而用来防止菌毒媒体进入呼吸道和感染皮肤的一切物品和措施，如用手帕、布块、毛巾、口罩等捂住口鼻，戴上风镜以及扎住袖口、裤口等，都能够起到一定的防护效果。随着生物武器发展及其越来越多的地被用于战争，人们开始研制专门的防护装备，从而使生物武器防护技术开始走向专业化。到目前，世界大多数国家的军队特别是军事强国，已针对现有生物武器的特性，研制并装备了各种类型的对生物战剂进行防预、侦检、消毒，以及消灭生物战剂媒介昆虫、动物的系列化专门器材。由于生物武器的防御技术与进攻性的生物武器往往表现为同一技术发展过程的两个方面，要针对性地获得防护技术，必须经过研制生物武器的一系列过程，必须同时研究新型战剂的制造和使用规律。因此，它与进攻性生物武器技术一样，是处于严格保密状态之中的。不过，从目前一些国家已装备部队的预防、侦察和消毒等技术器材看，可大致了解现代生物武器防护技术的发展状况。

预防器材是指为预防生物武器袭击的危害而装备的专门器

材。目前这类器材，按其不同的用途和技术要求，主要有三种：一种是能防止生物战剂气溶胶从呼吸道侵入的预防器材，包括防毒面具、制式口罩以及毛巾口罩等。其中，防毒面具是防核生化武器的通用器材，主要是通过其过滤装置净化空气而达到防护目的的；制式口罩是用过氯乙稀纤维制成的，纤维间隙小，滤材薄，对空气的阻力很小，因而能有效滤除空气中的各种微生物。另一种是能防止生物战剂气溶胶污染皮肤和昆虫叮咬的预防器材，除与防核化武器通用的防毒衣、靴外，还有制式的防疫服、防蚊帽等。防疫服的帽子、口罩、衣裤和袜子连为一体，仅面部和袖部有口，但装有紧口带，因而有较好的防护效果。此外，为了对群体实施快速免疫，目前一些国家还研制了无针注射器。这种注射器使用便捷，每小时可注射 600—800 人。

侦检器材，即生物战剂的侦察、检验器材。其主要作用是检查确定生物战剂的种类和受染地区，为防治工作提供基本依据。目前这类器材常用的有微生物气溶胶警报器，各种采样器、显微镜、检验箱或检验车等。

消毒器材用于道路、房间、衣物、武器和车辆等消毒。有防化作用的喷洒车、特制的防疫消毒车、压缩式喷雾器、气雾发生器以及环氧乙烷消毒袋等。此外，防化用的洗消车，也可以用来为生物战剂的皮肤受染人员消毒；三防净水袋中的次氯酸钙可用于小分队饮水消毒，按每升水 300 毫克有效氯用量加入，15 分钟可杀灭水中的各类微生物。消灭媒介昆虫、动物的器材，有扑虫网、喷烟机、人工用或机载的超低容量喷雾器，以及灭鼠烟炮和投放毒饵的投放机等。可用作防生物武器的技术装备是多种多样的，但许多器材使用的专一性并不强，而是作为“三防”器材通用的。这就使生物武器防护技术与化学武器的防护技术往往具有很大的共性，甚至难解难分。

第二节　军事化学技术

军事化学技术，包括进攻性化学武器技术和化学武器防御技术。前者是化学技术在进攻性武器系统研制、生产中的应用；后者则表现为预防或消除化学武器袭击的危害所采取的技术手段。二者互为条件、相反相成，共同构成军事化学技术的基本内容。军事化学技术的出现及其在战争中的应用，对军事战略战术产生了重要影响，也大大增加了战争的物资消耗和人员伤亡。因此，引起了世界各国的高度重视，并纷纷采取有效措施，以企保证本国在未来化学战中的优势地位。由此推动了军事化学技术的较快发展，使之成为近、现代军事技术不可或缺的重要组成部分。

一、化学武器的出现与军事化学技术

化学武器是以毒剂杀伤有生力量的各种武器器材的总称，既包括装有毒剂的化学炮弹、航弹、火箭弹、导弹和化学地雷，以及装有毒剂前体的二元化学炮弹、航弹等，也包括专门用于投放化学毒剂的飞机布洒器、毒烟施放器等器材。

化学武器作为主要依靠毒剂来杀伤人畜、毁坏作物的新式武器，产生于1914—1918年的第一次世界大战时期。德军于1914年10月27日首次用装有喷嚏性毒剂的105毫米Ni榴霰弹，袭击了新夏佩勒的法军阵地。法军于1915年春，也使用了75mm野炮毒剂榴霰弹，对德军进行报复，从而揭开了人类有史以来的规模最大的化学战的序幕。1915年4月22日，德军根据著名化学家哈伯教授的建议，在比利时伊普雷战线前沿阵地6公里正面上，使用预先布设的5730具共装有18万千克氯气的吹放钢瓶，借助于有利的气象条件，向英法联军阵地吹放，同时为加强效果，德军还在阵地翼侧用105mm火炮发射了大量的催泪弹，由于对方疏于戒

备,致使约 15000 人中毒,其中 5000 人死亡,2400 多人被俘,阵地被突破 8—9 公里。此后,交战双方更加频繁地使用了化学武器,从而使化学战成为第一次世界大战的一大特色,这也标志着化学武器已成为具有重要军事意义的制式武器。

化学武器出现在近代,但在很早以前,战争史上就曾有过为军事目的使用毒物的尝试。在我国,公元前 559 年,晋、齐、鲁、宋等 13 国联合伐秦,秦国军队在泾河上游施毒,污染水源,致使晋、鲁等国军队因饮用河水而招至伤亡。《左传》载:"秦人毒泾上流,师人多死。"公元 1000 年,宋人唐福制造出毒药烟球献给朝廷。球内装有砒霜、巴豆之类毒物,燃烧后烟雾弥漫,能使人中毒。这实际上就是原始的毒剂弹。

在国外,公元前 431 年—公元前 404 年间,斯巴达人在伯罗奔尼撒的战争中,把掺杂硫磺和蘸有沥青的木片放在雅典所占的两个城下燃烧,有毒的烟雾弥漫城邦,使城内守军苦不堪言,这是古希腊战争中应用毒气的最早记录。到了公元 660 年,东罗马帝国军队把古老的"希腊火"加以改良,用石油、沥青、树脂和硫磺配制成易燃性液体,以其浸渍树枝和麻絮,装入金属制桶内,点燃后投向伊斯兰教军队的阵地。这种"武器"一直到十字军东征时,仍具有强大的威力。后来,这种战法在西方各地广为流传。从上述古代战例可以看出,人们在很早以前对毒物在战争中的作用就已有所认识,只是在当时的历史条件下,要大规模地人工合成化学毒剂,尚不具备相应的物质技术基础,而且施毒方式也难以摆脱历史的局限性。

19 世纪下半叶,新的科技革命带动了化学工业的蓬勃发展。到了 19 世纪末,欧洲一些国家已能由工业生产大量剧毒物质,从而使化学兵器相继问世并大量用于战争成为可能。德国的工业化是从煤化学工业起家的,尤其是合成染料、化肥和制药工业,产量和技术在当时都居世界前列。作为有机合成工业和染料工业重要

原料的氯气、光气等，在德国已具有很大的生产能力。英、法的化学工业和纺织工业也很发达，合成染料的许多重要化工原料如氢氰酸等，都有一定生产规模，一些染料工厂只要稍加扩大和改造，就可以生产芥子气等军用毒剂。由此说来，化学武器作为制式武器，大量出现于第一次世界大战是不足为奇的。它反映了20世纪初欧洲资本主义国家经济和工业特别是化学工业迅速发展的客观事实，是先进科学技术被广泛应用于军事目的的又一具体体现。

随着毒剂大量生产及其在战争中的使用，到第一次世界大战期间，一些更有利于发挥毒剂杀伤效应的投射工具相继出现，防护措施及器材从无到有，也得到了相应地发展。至此，以近代科技为先导的军事化学技术最终趋于成熟，使之具有了既不同于民用化学技术又区别于一般军事技术的相对独立性。军事化学技术一旦取得相对独立的形态，便极大地加速着化学武器的发展进程。一战后期，一些国家主要是参战国，纷纷成立了进攻性化学武器及其防护技术的研究机构，相继建立了专门从事化学毒剂、发射器材和防化装备生产的专业工厂，从而实现了化学技术与武器生产的直接结合，为战后化学武器的全面发展奠定了坚实的基础。

二、化学毒剂与投射工具的发展

化学毒剂是指以毒害作用杀伤人畜的化学物质，是化学武器的基本组成部分。它是以其特定的物理化学性能，通过战斗部爆炸或布洒器分散成液滴、蒸汽、气溶胶或粉末等状态，使空气、地面、水源和物体染毒而达到杀伤有生力量之目的。目前，世界各国装备的化学毒剂，按战术用途或杀伤类型，可分为致死性毒剂和非致死性毒剂，致死性毒剂是使有生力量遭到致死性杀伤或长期失去战斗力的毒剂，主要包括维埃克斯、沙林、光气、梭曼、芥子气、氯化氰、氢氰酸等；非致死性毒剂是主要通过作用于神经系统和刺激眼睛致使人畜暂时失能的低毒性毒剂，如毕兹、西埃斯等。按毒理作用或生理效应，可分为6类15种：神经性毒剂——维埃克斯

(VX)、沙林(GB)、梭曼(GD)、塔崩(GA);糜烂性毒剂——氮芥气(HN)、芥子气(H)、路易氏气(L);窒息性毒剂——光气(CG);全身中毒性毒剂——氢氰酸(AC)、氯化氰(CK);刺激性毒剂——苯氯乙酮(CN)、亚当氏气(DM)、西埃斯(CS)、西阿尔(CR);失能性毒剂——毕兹(BZ)。此外,根据不同的标准还可以对毒剂进行不同的分类,如按作用的快慢,可分为速杀性毒剂和非速杀性毒剂;根据杀伤作用的持续时间,致死性毒剂又可分为持久性毒剂和非持久性毒剂等等。整个一战期间共生产各种毒剂 803000 吨,其中催泪剂 29000 吨,喷嚏剂 18000 吨,肺刺激剂 721000 吨,糜烂剂 35000 吨;实际投入使用量为 100000 吨,包括路易氏气、氯气、光气、氢氰酸、芥子气等 40 多种,毒剂伤亡总人数约 1288000 人,其中死亡 40800 人。(卢辉著:《核化生武器的历史与未来》第 299—231 页,军事科学出版社 1991 年版)这一方面表明,一战期间毒剂的生产、研制已达到了相当的规模和水平,发展速度是相当惊人的;另一方面也说明了化学毒剂还处在开发、试验和量的扩张阶段,各参战国都把第一次世界大战当作新型毒剂的试验场,从而使一战中生产、使用的许多化学毒剂效能不高、价值不大。具有明显的暂时性和不确定性。

一战结束到第二次世界大战,许多国家更加重视化学毒剂的研制工作,毒剂发展进入了一个全面提高的新阶段。这一时期,一方面,对大战中使用过的毒剂进行全面、系统地筛选、研究,已经发现但未投入使用的毒剂如苯氯乙酮、亚当氏气等进行了论证、试验;另一方面,则加紧寻找新的毒剂,以便为制造威力更大、性能更好的化学武器准备条件。战后不久,德国著名农药家希拉台尔在研制有机农药时,发现了一些含有磷毒的毒性极强的化学毒物,1932 年,希拉台尔发现了第一个神经性毒剂——塔崩,1937 年他又发现了毒性更大的神经性毒剂——沙林。希拉台尔的这些发现,被德国当局利用,转化为军用化学毒剂,并于 1942 年至 1943

年先后建成两座专门生产塔崩和沙林的大型工厂;1944 年,德国兵工局又组织了库恩等人研制出比沙林毒性更大的神经性毒剂——梭曼,从而使德国在这一研制领域保持了较大优势。美国早在一战期间,就建立了一支高水平的科研队伍,并在战争结束前 20 个月中,相继研制出几种新的化学毒剂,其中有:西北大学的路易斯上尉发现的"路易氏气",伊林诺斯大学的罗杰·亚当斯少校合成"亚当氏剂"。到一战结束时,美国已生产各种毒剂共计 5000 吨。(《国外化学战科技动态》1990 年第 4 期,第 21 页)其起点之高、进程之快令人刮目。一战后,美国在加紧研制芥子气等毒剂及其防护器材的同时,进一步扩大了毒剂的生产规模,1941 年至 1942 年,一批新的化学毒剂工厂相继建成,致使第二次世界大战中化学毒剂的生产总量达 125000 吨,大大地超过了德、法、英等其它资本主义国家。俄国十月革命后,苏联提前退出了第一次世界大战。但鉴于战争中俄军伤亡于化学战的损失惨重,苏联红军创建后非常重视化学武器的研制。1928 年,苏联建立了军用化学毒剂试验场,30 年代建成了若干生产毒剂的工厂。到第二次世界大战期间,苏联已拥有光气、氯化苦、芥子气等 10 多种军用毒剂。据当时德国估计,苏联军用化学毒剂的年生产能力达 96000 吨。值得一提的是,这一时期日本的军用毒剂也迅速发展起来,并给中国人民带来了巨大灾难。应该说,日本的军事化学技术起步并不算早,但善于搜集国外技术情报的特点和谋求军事大国的动机,使日本的军用毒剂的研制水平在很短的时间内大大缩短了与欧美国家的差距。1925 年,也正是日内瓦公约签署的这一年,日本陆军却将下属的军用化学技术研究机构由科级长为部级,人员扩大到 100 多人。不久便研制出二苯基乙二酮、芥子气和光气三种毒剂,并于 1927 年转入生产阶段。特别是在 1931 年到 1945 年的侵华战争中,军用化学工业急剧膨胀,先后在库页岛、东京、大阪、名古屋等地建立了一大批毒剂生产厂,并把中国当作试验厂,从而使军用毒

剂在研制、试验、生产一体化的基础上得到了迅速发展。据统计，日本在二战期间共储备毒剂9455吨，其中芥子气3610吨，路易氏气1381吨，二苯氰胂1957吨，氢氰酸255吨，苯氯乙酮172吨，光气1080吨，氯化苦1000吨。（卢辉著：《核化生武器的历史与未来》第240页）

第二次世界大战结束后，由于缴获纳粹德国的神经性毒剂制造工厂和库存毒剂，使苏联和西方国家的毒剂研制技术在二战以后得到了较快发展。这一时期，化学毒剂的发展围绕着提高质量出现了一些新特点：一是研究方向相对集中，主要是神经性毒剂和芥子气毒剂。神经性毒剂最突出之处是能透过皮肤进入体内，而且大部分是半持久性的，“加浓”使用还可以增长其有效作用时间；芥子气则属持久性毒剂，具有潜伏期，能伤害皮肤，引起水疱，一旦吸入体内，能对肺组织造成致命性伤害。因此，引起了世界各国的广泛注意，成为二战后军用毒剂研制和发展的重点。如，目前美国尚可使用的26780吨致死性毒剂中，芥子气16400吨，沙林和VX为10380吨；在已装填的除刺激性毒剂以外的57种化学弹中，以神经性毒剂和芥子气毒剂为原料的就有45种。二是十分注重新毒剂的开发。1954年，英国发现了几种更具毒性的“V”类毒剂。与此同时，美国研制出VX毒剂并投入生产，这种毒剂通过呼吸道发生作用，比德国研制的最强毒性的神经性毒剂相比，是它的2—3倍；而通过皮肤发挥作用时，比值可高达50—100倍。60年代初，美国还研制并生产了失能性毒剂BZ，这种毒剂能使人眩晕，产生视力和听力幻觉。英美在这一期间还研制改进了针对植物的军用毒剂。其他国家在这方面也进行了不懈的努力，并取得了很大成功，如苏联不仅研制出了真菌毒素“黄雨”，而且还在侵略阿富汗的战争中使用了致人短时休克的蓝－X新型毒剂，至今还被许多国家称之为“迷”。三是强调改善化学毒剂的性能。如探究两种毒剂混合使用的最佳配方；把一定的胶粘剂溶解于毒剂中，使之能浸

入皮肤甚至现有的防化衣等。正是加强了这方面的研究并取得很大成绩,使“尘埃芥子气”、“胶粘芥子气”、“胶粘梭曼”和通常缩写为 PFIB 的新型毒剂相继出现,并逐步成为一些国家化学毒剂的主体。

在毒剂不断发展的同时,化学武器的投射系统也在不断完善。在第一次世界大战初期,充当化学毒剂投射和施放手段的主要是小口径火炮和吹放钢瓶。但随着化学战的深入,德国于 1915 年出现了经过改装的重迫击炮——斯托克斯式迫击炮,专门用来发射化学炮弹;1916—1917 年,英军上尉李文斯发明了能在 1—2 公里范围内突然造成很高毒气浓度的毒剂投射器。这便是最早的专门发射化学毒剂的制式武器。此后,毒剂投射工具得到了较快发展。1935—1936 年,意大利在入侵阿比西尼亚(今埃塞俄比亚)的战争中,使用了航空化学武器—化学炸弹和航空布洒器,大大地提高了毒剂的使放效率。这一技术直到二战及其以后的局部战争中,仍被视为基本的施毒手段之一而广泛采用。进入 50 年代以后,随着火箭、导弹技术的迅速发展,化学武器投射系统也发生了质的飞跃。不仅几乎任何常规炸弹都能被改装成携带化学战剂的弹头,从而使大量的常规兵器包括火炮、火箭、飞机等都被纳入了化学武器的投射系统范围,而且大量的战术战略导弹也相继加入了化学武器行列,从而使毒剂投射工具形成了地空一体、远近结合的完整体系。如多年来美国装备的可供 105—203mm 火炮发射的各种炮弹,115mm 口径标准化学火箭、200 磅 VX 毒剂布洒器、500 磅和 750 磅沙林航弹、“长矛”Ⅱ型导弹、“潘兴”中程导弹、中程巡航导弹、遥控飞行器等;苏联装备的各种火炮包括 ДМ 系列火箭炮、“蛙”-7 火箭、“飞毛腿”B 导弹、“薄板”导弹、SS-20 至 SS-23 型导弹等,都是化学战剂有效的投射工具。不仅如此,目前装有多枚至上百枚小弹的子母弹、集束弹,已成为大口径化学弹药的重要构型。在上述庞大的投射系统中,包括了最能反映当代技术进步的

二元化学武器。所谓二元化学武器，是指装有两种互相无害的化学物质的武器。其作用原理是投放或投射前，两种不同成份、毒性很小的化学物质是分隔盛装的，在飞向攻击目标时，两种化学物质相互混合，生成神经性毒剂。其应用效果与之所代替的一元化学武器完全相同，但是储存、装运则比之安全可靠，而且在生产方面也可省去许多顾虑。美国早在50年代中期就开始研究二元化学武器，但真正把二元化学武器当作研究重点还是在70年代。1972年，联合国通过了《禁止试制、生产和储存并销毁细菌（生物）和毒剂武器公约》，而这时美国储存的一元化学武器装弹的毒剂，时间大多已超过20年，急待更新。这促使美国下决心发展既可以减轻国际国内舆论压力、又饱含着先进技术的二元化学武器。但由于其技术难度较大，直到1987年12月，美国才正式生产二元沙林炮弹。并计划耗费27.49亿美元，到1993年装填二元沙林弹120万发、二元VX"巨眼"炸弹44000枚和60000枚二元IVA火箭弹（装填的可能为胶粘棱曼的二元组分）。美国研制的二元化学武器弹药种类很多，不仅有近程武器，如155mm榴弹炮、107mm近击炮、227mm多管火箭炮等，也重视中程弹道或巡航导弹等武器系统。

三、防护技术的产生与发展

防护技术主要包括个人防护技术、集体防护技术、侦察技术和消毒技术等。它作为军事化学技术不可分割的有机组成部分，与进攻性化学武器技术结伴而行，产生于第一次世界大战。在此期间，随着化学战大规模地展开，各种防毒面具和化学侦察器材相继出现。1915年4月23日，著名的伊普雷毒气战刚刚停息，法国和英国便派出专家赴现场考察，当判明德国用的是氯气时，次日便给部队配发浸渍硫代硫酸钠与氢氧化钾或氢氧化钠溶液的防毒口罩，数月后增加了防毒眼镜。到8月底，法军共制作了三种防毒口罩，共计450万个。这是世界上最早装备的个人防护器材。英国在研制防毒口罩的同时，到6月底，便制出250万个"海波头盔"，

即一种浸有浸渍液的法兰绒袋，可戴在头上并塞进衣领内，再戴上配有透明醋酸纤维的眼镜。这便是早期的防毒面具。防毒面具的出现，促使交战国寻找新的毒剂。于是，一战后期曾被称为“毒气之王”的芥子气投入使用，这对化学战的防护提出了新的要求。人们认识到，只对呼吸器官的防护已经很不够了，还需要有皮肤防护器材。正是在这一需要的推动下，很快出现了用油布等隔绝材料制作的防毒衣；同时装有漂白粉及高锰酸钾等消毒剂的器材，以及简易的侦察器材也相继问世。所谓的侦察器材，在当时实际上是一种浸渍有化学试剂的棉球和纸片，但它可以侦察氯气、光气和芥子气。这一时期的防化器材，尽管从技术角度看还是非常简陋和零碎的，尚处在摸索、起步阶段，但它毕竟为战后防护技术的发展奠定了基础。

20 世纪 20 年代以来，世界各国加强了对各种器材的技术开发和研制工作，并取得了一批重大成果。诸如，20 年代末，美国研制了透气式防毒衣；各种类型的毒剂报警、侦察等器材相继出现；一些国家陆续发展了各种消毒剂，以及人员淋浴，服装、武器和技术装备洗消、地面消毒等器材，并正式列为装备体制。经过第二次世界大战的洗礼，到大战结束时，世界各国尤其是以美国为首的西方国家和苏联的军队，已基本上实现了防化技术装备的制式化、系列化和现代化。特别是进入 50 年代以来，化学武器在不断发展的同时，核力量以及与之相联系的高新技术迅速发展和成熟起来，从而为防化技术全面、系统而深刻地发展提供了强大动力和机遇。在这种情况下，各种防护技术的发展进入了一个由量变到质变的新时代。主要表现在：

一是个人防护器材的防毒、使用和生理性能取得了突破性进展。个人防护器材出现后，一直处于不断探索改进之中，到 50 年代，开始转向以提高性能为中心的防护设计原理、材料性能以及器材对个人生理和执行战斗任务的影响等方面的研究，并将研究成

果用于军事实践。在这方面美国等西方国家一直处于领先地位。如美国80年代初研制的M17A2防毒面具，采用了新的过滤吸附材料和降热机制，呼气阻力小，配带舒适；1983年试制后供空、海军使用的XM30通用面具，能防血液性毒剂袭击一次，防神经性、窒息性和糜烂性毒剂袭击15次，贮存10年防护能力降低不超过10%；1983年初，美国又开始研制XM40防毒面具，供装甲车辆乘员使用，防毒性能进一步提高。与此同时，其他一些国家防毒面具的制造技术和性能也达到了相当高的水平。如苏军的ⅢM型系列面具、ПМТ型和PⅢ－4型防毒面具、ⅡП－4和ⅡП－5型隔绝式面具等，都足以防御战场上可能出现的毒剂、生物战剂和放射性灰尘。近年来，防毒面具又有了新的发展，如英国埃文工业聚合公司生产的S_{10}，装有"音频装置"、饮水器，舒适而防护性好，并配有全密封面罩和能使武器正常瞄准的无雾气视野装置。目前具有先进水平的防毒面具，重量已减至0.6千克左右，可持续佩戴8小时以上，佩戴后可较方便地使用各种装备器材，有的还可以装接眼镜、话筒和耳机。至于防毒衣的发展，主要集中于对透气式防毒衣的研究。二战期间使用的隔绝式和可浸透防化服，则由于受其生理和使用性能的制约，或难以有效防御皮肤渗透性毒剂，而被限制在一定的使用范围，或被淘汰。从60年代起，许多国家研制了含有活性炭的透气防毒衣。它通常由内外两层织物制成，外层织物能使毒剂液滴铺展，以加速蒸发，并提高阻挡液滴挤压穿透织物的能力；内层实际上就是贴外层衬上的以炭浸渍材料制成的过滤层，过滤层和外层粘合在一起，就可以阻止外界毒剂蒸气或微滴进入防化服里，但活性炭可使一定量的空气和水蒸气透过防化服，从而让体内热度排出衣外。如美军1975年装备的标准A防毒罩衣、英国生产的MK系列防护服，都采用了这种先进技术；苏军透气式3XO－58浸渍防毒服，也有较好的防毒气和使用、生理性能，但对毒剂液滴防御较差。此外，近年来以色列古姆萨工厂和化学制

品公司研制出一种一次性防护服,这种防护服用聚乙稀材料制成,性能较好,携带方便,穿着简便,目前已被瑞典武装部队所采用。

二是侦察器材广泛采用了新技术,侦检能力显著增强。神经性毒剂出现后,酶化技术被广泛应用于各种类型的化学侦察器材,它是依据神经性毒剂抑制胆碱酯酶活性的特性,通过底物化学显色反应或电化学反应变化,来监测空气、水及各种样品提取液的含磷毒剂的。如美国 70 年代初装备的 ABC－M18A2 和 M15A2 侦毒包,1977 年定型生产的 M256 侦毒包,以及现装备的 M8 系列报警器;苏联 80 年代装备的 BПΦP 型便携式侦毒器,ППΦP 型车载半自动侦毒器,БPДMPΦ 化学侦察车,Aπ－3 型化验车和 ГCП－11 型毒剂自动报警器等,都能有效侦检 V 类、G 类和其它毒剂。近些年来,化学侦察器材在新技术、新元件不断更新的基础上,世界各国特别是发达国家广泛探索化学侦察的新原理、新方法,并取得了一批重大成果。如美国目前研制的主动式同位素 CO_2 激光红外遥测仪,XM21 被动红外遥测仪喇曼遥测仪,XM22 型毒剂自动侦检报警器、XM85/86 型自动液体报警器等,广泛地把军用激光技术、红外技术、微电子技术或自动化技术等,纳入了化学侦察器材的技术设计框架,代表了侦检器材发展的趋势;英国制造的 CAM 化学检测仪则采用了离子迁移光谱学技术,这种技术原理,是利用微弱的放射源,使少量空气电离,个别物质分子会以不同的方式进行反应,而有害的神经性和芥子气毒剂可以很容易被探测到,并能在指示器上显示出来。目前这一技术被西国家广泛采用,有的还加以改进,装有遇到毒剂的音响报警装置。这种检测仪因体积较小,因而可安装在遥空无人驾驶侦察机上。

三是消毒技术的现代化水平大大提高,洗消器材系列化。过氯化物漂白粉在第二次世界大战期间作为主要消毒剂,曾被广泛采用,它对神经性毒剂的消毒效果颇佳。战后,世界各国在继续采用这种消毒剂的同时,加强了对新型消毒剂的研究,试制了几种其

它种类的消毒剂,如美国研制的 DS-2 消毒液,苏军装备的"三合二消毒液"等,几乎对所有已知的毒剂均可起到消毒作用,即使在低温度下使用,依然有效。在消毒器材的发展上,许多国家更加重视了小型化,以提高部队的自消毒能力,如苏军装备的单兵小型洗毒包、个人武器洗毒包,前者可洗消神经性毒剂和糜烂性毒剂,后者可洗消 5—10 件步兵武器和 10 套军服。小型轻便是这类器材的主要特征。大型洗消器材则着重于加大作业量,高效快速,并在系列化的基础上,采用了适于多种运载工具的集装箱式,以提高其机动性能。如苏军装备于专业兵的大型机动洗消器材,至少有 17 种洗消车辆、9 种机动洗消站,可满足人员、装备器材、轻重武器、工事建筑和地域等各种洗消的需要。其中,主要车载洗消装置有:APC-12Y、APC-14 型自动喷洒车,ДДА-53 和 ДДА66 型灭菌淋浴车,АДМ-48 型车器消毒车和 BY-4M 型服装消毒车,АГВ-3 热 M 空气蒸气氨消毒车和 TMC-65 型涡轮喷气洗消车,后者是改进型米格 15 燃气轮机和乌拉尔-375E 汽车底盘组装而成的。用 TMC-65 型洗消车对一个坦克营消毒,只需 80 分钟,消除和灭菌则只需 30 分钟。

此外,适用于各种集体防护的技术器材在这一时期也有了很大发展,并被广泛应用于隐蔽工事和战斗车辆。如密闭地下掩蔽部的空气过滤系统、苏军主战坦克和装甲车装备的ПА3 系统及其改进型的集体防护系统、美军新型坦克和装甲运兵车普遍装备的 NBC 过滤系统等,都是现代防化技术不可或缺的重要部分,也是十分有效的防护器材。近年来,一种利用自动注射器的救护措施已被一些国家采用,中毒人员可通过迅速注射解毒针进行自救。这种解毒针分一次性使用和多次使用两种,可用作解药的有阿托品和其它一些药品,主要用于中小剂量的神经性毒剂中毒者。由于在使用化学武器的场合人员中毒不可避免,所以,这种解毒针被一些国家的军队列为防护器材的必须品。

第十章　军事工程技术

军事工程技术即综合运用土木工程技术及其它许多工程技术，用于军事目的的各种工程建筑和保障军队作战行动所采取的工程技术。随着战争特别是武器装备的发展，只有综合运用多种军事工程技术，才能有效地保障军队的作战行动。因而军事工程常常是为一个目的而将多种工程有机地组合起来形成一个综合体，而且这种综合体有进一步发展扩大的趋势。军事工程成果，在提高军队的战场生存能力、限制敌人机动和保障己方的机动方面具有重要作用。

第一节　筑城技术的发展

筑城技术的发展是与武器的进步和战术的变化紧密联系的。每当战场上出现一种新的武器，并用新的战术来削弱筑城的作用时，就会导致新的筑城理论与技术的发展，而新的筑城防护手段的出现，又必然促进新的进攻型武器的产生和发展。在近代，随着火炮、机枪和飞机在战场上的广泛运用，以及钢材、水泥等建筑材料在工程上的应用，使筑城技术产生了质的飞跃。这一时期的筑城技术经历了炮台式要塞和阵地筑城两个发展阶段。

一、炮台式要塞筑城技术

14 世纪至 16 世纪，在欧洲出现了抵御炮火袭击的棱堡式要塞。由于火炮的威力和射程的不断增大，常常在城墙上打开缺口，从而使要塞的筑城面临着两个亟待解决的问题。一是怎样给城墙以足够的粘合力，可以抵抗金属炮弹所产生的震动和解体作用。

二是怎样利用火炮来防御要塞。以工程师莱奥纳尔·达·芬奇为代表的意大利建筑师，对城堡进行了一系列的改革探索。1515年，他们首先在西维塔维雅进行了加厚城墙、降低城墙高度、加深壕沟，将塔楼改为露天炮台等方面的尝试，取得了初步成果。1527年，他们又在维罗纳针对城墙加宽和壕沟加深造成的死角问题，进行了多种形式带角多面圆台堡的试验，以评价纵射和侧射方面的效果。1540年，一种五角形的棱堡形式开始定型。它是将炮台建于要塞的周围，并突出于城墙外，两个相邻的炮台和城墙构成一个棱堡正面，在增大的炮台上设置了多门火炮，形成了直射与侧射火力控制整个接近地的棱堡工事配置线。后来西班牙、荷兰等国的工程专家们对城堡进行了改造。17世纪初，法国数学家和工程师让·埃拉尔把前人的成果加以系统化，在《艺术性筑城术和可拆卸的筑城术》著作中，从数学和几何学的角度，加以充分地说明和论述。1660年左右，以军事工程师塞巴斯蒂安·勒·普雷特尔·德·沃邦为代表的法国筑城学派和荷兰人梅诺·范·科霍恩从理论与实践中系统地研究和发展了棱堡体系的筑城技术，把棱堡筑城技术推到了更高的阶段。沃邦在《筑城论文集》和《论要塞的攻击和防御》两篇专著中，在保留传统筑城方案的同时，提出了将外围工事尽可能向前推移，迫使敌人在相当远的距离上展开。棱堡中增筑供配置火炮用的凹进翼侧和大小封垛形成内堡，以便敌人攻克壕沟和中堤后仍处于不利地位。

18世纪后半叶，欧洲又出现了堡垒式要塞。随着战争的规模逐渐扩大，火炮威力的增大，以单纯防御为指导思想构筑的棱堡式要塞，已难以完成战争所赋予的坚守任务。针对棱堡体系存在的缺陷，法国著名的军事工程师、骑兵少将蒙塔朗贝尔在《垂直筑城学》著作中，提出了构筑凹角形要塞堡垒思想，即要塞堡垒线的弯曲部成直角，保障了交叉火力。1778年，他在设计瑟堡港筑城计划中，设计了在要塞四周建筑安全城墙，并在外围几公里处，设一

道由分散的堡垒组成的防线,这些堡垒互为侧翼,用交通壕将各堡垒连结在一起。然而,他的理论在法国引起了争议,没有被人们所接受。但外国人却采纳了他的构想。普鲁士将军厄内斯特·冯·阿斯泰在德国城市科布伦茨,奥地利元帅冯·朔尔在林茨建成了第一批分散型堡垒。1832 年,法国才在里昂修建了堡垒式要塞。到1874 年,法国放弃了所有的棱堡筑城形式,广泛采用了分散堡垒要塞。1890 年,泥水砌成的堡垒逐渐被混凝土代替,后又被钢筋水泥所代替。1893 年起,碉堡群开始在德国修建。堡垒式要塞在形制上,是在要塞核心堡垒的外围 2.5—6 公里处,修建 1—2 列独立的小堡垒,使敌人的炮火无法直接轰击要塞的核心堡垒;各堡垒相互间的距离均在火炮的射程之内,从而保证各堡垒之间的战术协同,侧射进攻之敌;各工事之间留有机动路,以便使预备队投入战斗;提高要塞防御的灵活性,增加了敌人围攻、迂回的困难。战争实践证明,这种创造性的积极防御的筑城方法,更能有效地抵御不断增加的火炮攻击能力,也越来越被西欧各国军队所接受。到19 世纪,它逐渐取代了棱堡式要塞。19 世纪初叶,中国清政府也将沿海原有的以城墙、敌楼为主体的城池改进为炮台式要塞。著名的虎门要塞、镇海要塞和旅顺要塞在抗击英、法、日等侵略军的战争中发挥了积极的作用。

二、阵地筑城技术

19 世纪中叶,随着线膛式火炮和爆破弹的大量使用,火炮的射程、射击精度和威力发生了一次飞跃。这次飞跃对于战争、战术的发展乃至筑城的变化都有极其重要的作用。1861—1862 年的美国南北战争期间,战争双方对于堑壕的使用已达到了前所未有的程度,军队学会了迅速构筑工事来巩固刚刚占领的阵地,他们使用随身携带的铁锹首先挖射击掩体,然后再扩展连成堑壕,形成了以堑壕为主体的阵地筑城。在 1899—1902 年的南非战争中,人们懂得了挖壕的价值。1904—1905 年的日俄战争,又迫使人们接受

了挖壕的形式。尤其是第一次世界大战的初期,比利时的列日、那慕尔和法国的英伯日等要塞在短时期内的失陷,使人们认识到,过去那种高出地面的城堡、炮台、要塞已经不能适应当时战争的规模、武器的发展和攻防战术的变化。在第一次大战初期的相持阶段,以堑壕为主体的阵地筑城体系逐步发展起来,由一道断续堑壕发展成2—3道连续堑壕组成的阵地,由一线配置的阵地发展成纵深梯次配置的多道阵地。1916—1917年冬季,德军构筑了一条预备堑壕体系,即兴登堡防线。在第一线阵地构筑了掩蔽部和供机枪射击的碉堡,第二线阵地距前沿3.2公里,几乎与第一线阵地有同等的防御能力,它抵住了同盟军所有的进攻。在第二次世界大战期间,野战筑城工事体系在各参战国军队里都被广泛地运用。尤其是在东部战线苏德战场上,苏军在莫斯科、列宁格勒、塞瓦斯托波尔、斯大林格勒和库尔斯克等地区,依托野战阵地顽强抵抗,挫败了德军的进攻,并转入反攻。

第一次世界大战后,随着钢材、水泥等建筑材料在军事工程上的广泛应用。欧洲一些国家在国境线相继构筑了以堑壕、掩盖射击工事和地下掩蔽工事为主,沿正面连绵延伸、纵深梯次配置的以永备工事为骨干与野战工事相结合的阵地筑城体系,如马奇诺防线、齐格菲防线和曼纳海姆防线等。马奇诺防线建于1930—1936年,以法国国防部长马奇诺的名字命名。整个防线由无数的地下室、地下弹药库、地下通信线路等彼此连接在一起,构成了一个巨大的完整体系。它从瑞士一直延伸到比利时边界附近,全长约390公里,由保障地带(纵深4—14公里)和主要防御地带(纵深6—8公里)编成。保障地带内设置有以多列防坦克桩砦为骨干、与地雷场和防步兵铁丝障碍物相结合的障碍物配系,在前哨阵地掩护下,能起到迟滞敌军进攻的作用。主要防御地带包括战斗警戒阵地、主要防御阵地和后方支援阵地以及阻滞阵地。大部分工事完全置于地下,堡垒主体与前哨阵地通过坑道连系。装甲炮塔式

工事的炮塔能旋转360°，部分工事的炮塔为升降式，平时观察不到，钢筋混凝土射击工事的顶盖厚度达3.5米。出入口有装甲密闭门，工事群的坑道位于地下20—90米深处，主坑道宽6—8米，高3—6米，支坑道宽2—3米，通过垂直坑道与地面工事连通。马奇诺防线以其独具特色的工事群和工程上充分利用了当时的先进科学技术而著称于世。齐格菲防线是第一次世界大战后德国在其西部边境地区构筑的永备筑垒工事，又称“西部壁垒”。该防线建于1936—1939年，防线从靠近荷兰边境的克累沃起，经与荷兰、比利时、卢森堡、法国接壤的边境，到瑞士边界，全长630公里。工事构筑的特点是：数量多、容量小、结构简单。曼纳海姆防线是芬兰在卡累利阿地峡建立的永备筑垒工事，以芬兰元帅曼纳海姆的名字命名，建于1927—1939年。防线自穆里拉至泰帕列，全长135公里，最大纵深95公里。其特点是两翼以芬兰湾和拉多加湖作依托，充分利用地形，注重侧射、斜射工事和人工障碍物的构筑。

三、野战工事技术的发展

近代以来，为了安全地近敌进攻和抵御步枪、机枪、火炮、坦克和飞机的攻击，在战场上出现了堑壕、散兵坑、坑道等野战工事。

堑壕虽然在东方早已盛行，但在西方直到17世纪末和18世纪初才广泛使用。法国工程师沃邦在攻城战斗中创造了平行接近壕体系。这种体系以一条与城堡外围壕平行，而且刚好在防御炮火射程以外的堑壕为起点，挖一系列“之”字形接近壕，在挖到距城墙一半时，通常是滑膛枪射程内，将“之”字形接近壕连接成第二道平行壕，最后在靠近外壕的地方挖掘第三道平行壕，使步兵能从多点同时发起冲击。堑壕和接近壕通常深1米，宽4—5米。而挖出的土则用来构筑防护胸墙。在第一次世界大战中，堑壕构筑的标准就是胸墙能防碎片，射击掩体经过被覆，在挖土部与背墙之间留有岸径，壕内有良好的排水设施。

散兵坑是19世纪后叶机枪和榴霰弹出现后，战斗队形由过去

的密集阵式向散兵线发展时的一种野战筑城形式。散兵坑以及由此演变出来的其他工事构成了第二次世界大战野战筑城的基本形式。它通常是士兵用随身携带的工具挖掘,直径一般在0.6—1.5米,深1.2米的单人掩体,机枪和迫击炮掩体要大一些。有时设有射击踏垛和集水坑,挖出的土通常构筑一个小胸墙。有掩盖的散兵坑,对于各种炮弹的射击均有良好的防护作用。时间允许的情况下,散兵坑和其它工事之间用交通壕连结起来。

地下坑(地)道作业是战争中运用的一种最古老的形式,在第一次世界大战中得到普遍的运用。构筑坑道主要是为在紧靠敌人堑壕的地方或在敌人堑壕下设立前方监听站或观察站。1917年英军在伊普勒附近麦新斯·里吉村的德军阵地下挖掘了一条坑道,设置了500吨炸药将德军的阵地炸毁,而又重新收复了这个村庄。1936年,法国建成的马奇诺防线中,筑有大量的永备坑道工事。中国抗日期间,华北冀中平原地区军民,为了抗击日军、伪军的“扫荡”,构筑了户户相连、村村相通的地道网,粉碎了日伪军频繁的“扫荡”。

第二节　设障与排障技术

障碍物是能阻止或迟滞军队行动的地形、地物和爆炸物、构筑物、破坏物、堵塞物、堆积物等的统称。在冷兵器时代,拒马、鹿砦、竹签桩、蒺藜、陷马坑等在作战中均发挥了重要的作用。中世纪以来,随着猛(烈性)炸药的发明,坦克的出现和战场范围的扩大,设障与排障已成为限制敌人机动和保障己方行动的重要手段。

一、布雷与排雷技术

地雷是用于布设在地面或地面下,有时也布设在空中和水中,构成障碍,受目标作用或操纵起爆的武器。12世纪世纪末到13

世纪初,中国就已经有了这种爆炸物。火药传入欧洲后,15 世纪开始出现了野战应用地雷。在 1704 年的俄瑞战争中,就有应用地雷的记载。1778 年,美国独立战争中,曾用啤酒桶装炸药制成江河漂雷"小桶水雷",用于攻击英国舰船。19 世纪后半叶,随着猛(烈性)炸药和雷管的相继发明,使地雷向制式化和多样化方向发展。1904—1905 年,日俄旅顺口之战,俄军卡拉晓夫上尉设计了现代防步兵跳雷的雏形。它是由两个铁盒互相套在一起,在两个盒中间装满金属片,而在里面盒里装上炸药。坦克的出现,促使了防坦克地雷的研究和发展。1918 年,德国人为阻止英军坦克,用炮弹改装成防坦克地雷,形成了防坦克地雷的雏形。德国生产的 T－29 圆饼形、金属外壳防坦克履带地雷处于领先地位。随后采用有反排机构的压发引信,动作压力 100—190 公斤的 T－35 型防坦克履带地雷,对各国地雷的发展产生了很大的影响。1924 年,苏军军事工程师卡尔贝舍夫设计了防坦克地雷并批量生产。1932 年,苏军加里茨基上将设计了防坦克侧甲的飞雷。它利用反坦克火箭筒改装,布置在敌坦克必经之路的翼侧,通过横在坦克前方的钢丝绳(离地 25—30 公分)起传动作用实施引爆。1937 年,苏军依诺夫和拉杰维奇设计了防坦克车底地雷,即在地雷引信上竖直固定一根压发杆,当坦克触碰压发杆并偏斜某一角度时,压发杆的下端便作用于引信,产生爆炸。此外,英国、美国和法国等都先后研制、生产了防坦克和防步兵地雷并装备部队。在第二次世界大战中,地雷得到了前所未有的发展,广泛应用了延期、化学、电发火、磁性等多种引信,并创造性地发明了各式各样抗排除的诡雷装置,发明了陶壳、木壳、纸制外壳等抗探测的多种制式地雷。

随着地雷制作技术的发展,布雷技术也得到了发展。地雷以及由地雷组成的地雷场是阻止敌人或限制其行动的一种有效而又最经济的手段。1904—1905 年日俄战争中,防步兵地雷场,首先由俄国军队设置和使用。从 1939—1940 年的苏芬战争开始,防坦

克地雷场得到了广泛应用。苏军工程师卡尔贝舍夫在这方面建立了特殊的功勋。他提出了设置爆炸性和非爆炸性障碍物的各种方法。在《破坏作业与障碍物》的著作中,就有关地雷障碍物的种类和形式、密度、在各种类型战斗中的战术使命和战术运用等主要问题进行了论述。他的理论不仅指导了第二次世界大战,而且,对于现代战争仍有重要的指导作用。地雷场地雷布设的一个最基本的要求是让其发挥最大的效益。过稀的配置会降低地雷场的效力,而过密则有可能引爆相邻的地雷。战争实践证明,在地雷单位冲量(耐爆能力)一定的情况下,雷与雷的最小距离小于坦克履带的宽度时,可按坦克履带的宽度布设;而雷与雷的最小距离大于坦克履带宽度时,则用增加雷列的方法,并将每列的雷位依次错开,以保证每米正面上都有地雷。在第二次世界大战以前,布设地雷的方法都是用人工实施的预先布置。布设时为了消除地雷沿正面不均的现象和减小初始作业的工作量,苏军使用了编队法和布雷绳来确定地雷的布设位置。水雷的布设可用潜水艇、飞机和水面布雷船布撒,按要求可布设锚定雷和沉底雷。1892 年,俄军在马卡罗夫海军上将的倡议下,建造了“布格河”号和“多瑙河”号布雷舰。布雷时沿甲板上滑轨滑动的轮子滑进水中,一次作业能布设150—800 个雷。1915 年,俄军根据纳廖托夫的设计,建造了“蟹”号布雷潜艇,用鱼雷发射管将雷发射到水中。1940 年,德国袭击英国时首次使用空投雷。为防止雷着地即爆炸,用降落伞控制下降速度,开创了可撒布地雷的历史。

有布雷技术,就有探雷和扫雷技术。探雷是侦察地雷场、水雷区和其它爆炸物的类型、范围及配置样式,为制定作战计划和扫雷提供依据。探雷针是最简单但使用最广泛的搜索地雷器材。利用探针能找到设置在土壤中不超过 25 厘米深的任何地雷。第一次世界大战时期,苏军费拉基米洛夫设计了一种深插式探针,可以搜索 3.5 米深度以内的延期地雷。它是用压力或旋转手柄将 6 节探

杆逐次插入土中，通过传声器，判明是否有地雷。第二次世界大战时期，苏军制造了探雷工兵钻，可以探击深度在10米以内的延期地雷，依靠制式把柄使钻进入土中，钻探速度平均每小时3米。1934年，苏军工程师库德莫夫研制了最早的探雷器，它利用金属在交变磁场中能产生涡电流的原理来探测含金属的地雷。

扫雷是使地雷失效、毁坏、破裂或使地雷暂时停用的措施总称，通常是用人工、机械、爆破等手段实施。人工扫雷用简单的工具将引信取出使之失效，是最早的并且至今仍在使用的一种简便可靠的扫雷方法。针对诡雷和装有不可取装置的地雷，一般用锚钩将地雷移至扫雷地区以外。1918年，英国人在IV型坦克上试装了滚压式扫雷器。它是由数个圆盘组成的滚轮借助悬挂装置构成，有车辙式和全宽式两种，用滚轮的压力传到压发地雷上压爆，扫雷速度每小时8—12公里。1941年，英国人在"马蒂尔达"坦克上安装了"蝎"型打击式扫雷器。它由吊架、鼓轮和数十根链锤组成，安装在坦克前部。鼓轮与坦克轴线成垂直状态并由坦克发动机带动旋转，甩动链锤不停地向前面摔打，以打击力引爆地雷，扫雷速度每小时1—2公里。1942年，苏军工程师穆加列夫在仿造滚压式扫雷器时，设计了ПТ-3扫雷滚轮，扩大了轮盘孔的直径，轮盘因此相对地上下移动，克服了扫雷时地形不平的影响。美国在M_4A_3坦克上安装了T_5E_1型挖掘式扫雷器。它在坦克前部通过悬挂装置安装齿形犁刀，用犁刀犁出地雷并移至履带两旁，扫雷速度可达每小时6—12公里。用集团装药和直列装药销毁地雷是一种简便可行的方法。它可以在被探测的地雷上面放置炸药引爆，也可以采用吊挂集团装药，后来改用直列装药的方式在没有探测的地形上迅速地开辟出一条通路。

二、非爆炸性障碍物的设置与排除方法

防坦克壕是一种能阻滞坦克行动的壕沟式土工障碍物，是古代壕沟筑城技术的应用和发展。第一次世界大战后期，防坦克壕

就随着坦克的出现而出现，并在第二次世界大战中得到了广泛运用。防坦克壕的构筑主要是依据坦克的越壕宽度和攀登最大垂直高度设计的。断面形状有梯形和三角形两种。梯形防坦克壕通常构筑在平地或小于15度的斜坡上。其断面尺寸根据不同坦克的性能和土质等因素来确定。壕口宽度稍大于坦克履带接地长，通常为4.5—5米；壕深应不小于坦克攀登垂直高度的2倍，通常为2—2.5米；壕底宽应依壕深和坡度大小而定，通常为3—3.5米；积土高应不妨碍观察和射击，通常为30—50厘米。当时间紧迫、作业力不足或为了便于已方坦克实施反冲击，可先构成三角形防坦克壕，尔后视情况再扩挖成梯形防坦克壕。有时，为节省作业力，还可将梯形防坦克壕构筑成齿轮形防坦克壕，即每隔5米留一个1.5—2米宽的土台。它比梯形防坦克壕的除土量减少百分之十左右。防坦克壕的构筑应根据敌情、地形、任务、时间和器材等情况，可构筑在防御阵地的前沿前、翼侧、接合部或纵深内的反坦克重要地段上，可采用人工、机械和爆破的方法进行构筑。防坦克壕的克服主要用炸药爆破。一是在防坦克壕两侧，距壕沿1.8米处各设置一个5公斤的集团装药，爆破后再在坑内各设置一个10公斤的集团装药，进行第二次爆破。二是在壕的两侧距壕沿1.4米处各挖一个清除积土的沟槽，将各35公斤，长2.5米的直列装药设于槽内进行爆破。三是在距积土表面1米处的壕壁上开设1米深的药洞，放置两个6公斤的集团装药爆破克服。此外，也可用圆(方)木制成车辙滚轮或用车辙桥的方法克服；还可用筑路机械和土工机械填平等方法克服。

铁丝障碍物是用无刺铁丝、有刺铁丝或刺钢带等构成的筑城障碍物。近代铁丝障碍物出现于19纪后半期。1904—1905年的日俄战争中，俄军曾第一次使用了铁丝障碍物，并且根据电工学家奇科列夫中尉的设计和建议，首次在铁丝网上通电形成了电障碍物。第一次世界大战中，铁丝障碍物和电障碍物已得到广泛使用。

它与堑壕相结合,有效地阻止了步兵的突破,使一些战场出现了僵持的局面。铁丝障碍物分固定式和移动式两大类。屋顶形铁丝网由一列高桩、两列低桩和数道刺线组成。各列桩的距离为1.5米,各桩的间隔为3米,中间桩高1—1.2米。二列桩铁丝网由二列高桩和10—15道水平刺线构成。桩的间隔和列与列的距离均为3米,各桩交错配置。低桩铁丝网是一种便于伪装的不显著障碍物,由数列低桩和横斜交叉的刺线以及活结刺线组成。通常构筑在草地、丛林中或与其它障碍物混合设置。移动式铁丝网障碍物是由工厂成批生产或由军队预先制作,运至现地临时设置的。蛇腹形铁丝网通常成1—3米列配置,列与列相距50厘米。有时也可成品字型配置。对铁丝网克服的方法:一是利用夜暗、浓雾、烟幕或在炮火掩护下,将其剪断。二是用复梯、木板、草帘等就便器材铺设通过。三是用炸药爆破排除。

第三节　军事伪装技术

伪装是为隐蔽自己和欺骗、迷惑敌人而采取的各种隐真示假的措施。伪装与侦察之间的斗争,都是围绕目标与背景来进行的。由于目标与背景的外貌和性质不同,二者之间就不可避免地要产生差别。如反射光波的差别、反射无线电波的差别、辐射红外线的差别等。伪装就是要以各种技术措施来消除、减少或模拟差别,使目标不致暴露或使侦察产生错觉。在近代战争中,交战双方都广泛使用光电侦察器材。特别是航空侦察与照像的出现,使伪装器材、伪装的规模、逼真性和灵活多样性都有了较大的发展。伪装已不仅是防止敌人观察和照像的被动隐蔽,而是包括设置假目标、实施佯动、散布假情报和封锁消息等主动欺骗敌人的各种措施。

一、迷彩伪装技术

保护迷彩是接近于背景基本颜色的单色迷彩。早在1846年，英军的拉姆斯登就第一次提出采用卡其布(黄棕色)作为士兵的制服。然而在第一次世界大战之前，伪装并未引起人们的重视。光学侦察器材和榴霰弹出现后，为避免损失，军队不得不疏散展开外，还必须千方百计利用地形、地物进行隐蔽。当时采取的措施，犹如动物身上常见的保护色。如，单兵在雪地穿上白色服装；在森林和草地地区穿绿色服装，身披缀有绿草和树叶的伪装网。在第一次世界大战中，交战双方都已使用光学侦察仪器、照相设备和光学瞄准具，空中侦察(包括目视观察和空中照相)也已进入实用阶段。为此，法国、英国和德国等军队都使用色泽不引人注目的制服和装备。筑城工事和后方目标都进行了迷彩伪装，用于消除或减小目标与背景之间的颜色差别。而就颜色来讲，主要对比在于光的亮暗程度。保护迷彩色采用何种颜色就必须与背景的亮暗程度相匹配，并随着观察距离的缩短或目标的变大而更加注意颜色的选择，以色彩的亮度不被敌人注意为原则。但颜色对于隐蔽的作用是非常有限的，如果仅仅改变军服颜色或对装备实施迷彩不可能完全达到隐蔽的目的。只有一些较小的静止目标，它们与周围背景之间，无论是从地面或空中观察都不形成对比时，才可能完全隐蔽。但在作战环境中，极少遇到这种情况。使军服和装备具有适当的颜色，是把对比度减小到最低程度的一种手段。

变形迷彩是由几种与背景颜色相似，形状不规则的斑点所组成的多色迷彩。目标活动地域背景为迷彩的主要颜色，用于伪装多色背景的各种活动目标。当目标上不规则斑点的部分颜色与背景相融合，成为背景的一部分，而其它斑点的颜色又与背景形成明显的差别，从而在一定的观察距离上歪曲了目标原来的外形，使其难以辨认。所以在多色斑驳的背景上，变形迷形降低目标显著性的效果比保护迷彩要好得多，可使直瞄火器射击目标的命中率降低33%。变形迷彩斑点的颜色数量取决于背景颜色的复杂程度。

通常不超过五种颜色，以 2—3 种颜色为宜。变形迷彩的涂料调配和迷彩图案设计，是确保伪装效果的两项关键技术。变形迷彩图案设计要合理确定迷彩斑点的颜色、尺寸、形状和配置，使其在符合战区主要背景斑点颜色的基础上，最大限度地歪曲目标的轮廓。

仿造迷彩是仿制目标周围背景图案的多色迷彩。它能使目标融合于背景之中，成为自然景观的一部分。主要用于伪装各种建筑物、面积较大的固定目标和长期停留的活动目标。仿造迷彩的斑点图案设计，除了要合理解决迷彩斑点的颜色、尺寸、形状和配置以外，还要根据目标周围的特点，对背景进行适当的伪装处理，即实施改变地形背景颜色的迷彩伪装，使目标上的斑点图案与周围图案更好地融合。在第二次世界大战中，德国人对一个码头区进行掩蔽时，在码头的尽头，将一条条驳船张开的风帆涂上颜色，来模拟周围建筑物的连续部分，这样，使一座真桥梁看来象水域的尽头一样，欺骗了敌人。

二、遮障伪装技术

遮障是设置在被伪装目标与敌人之间的各种遮蔽物。用制式器材和就便器材对军事技术装备、车辆、掩体、掩蔽工事进行有效的遮障，缩小目标与背景反射光波的差别，是对光学侦察采取的有效手段之一。第一次世界大战中，针对航空侦察，出现了遮障面与地面平行，架空设置在目标上方的水平遮障。第二次世界大战中，遮障技术得到了广泛运用，相继出现了掩盖遮障、垂直（倾斜）遮障、变形遮障等多种方法。掩盖遮障是遮障面四周与地面或地物相连，用于对付地面和空中侦察。根据遮障面的形状可分为凸面掩盖遮障、平面掩盖遮障和凹面掩盖遮障。凸面掩盖遮障用于掩盖高出地面的目标，如火炮、坦克、车辆等，其外形应与周围地物（土堆、坟堆、草垛）相似。平面掩盖遮障用于掩盖不高出地面的目标，如堑壕、交通壕、露天工事、道路目标等。凹面掩盖遮障用于掩盖冲沟、雨裂沟、壕、坑内的目标。垂

直（倾斜）遮障是遮障面与地面垂直（倾斜）设置的遮障。用于对付地面和低空倾斜的侦察。根据遮障的用途可分栅栏遮障和道路上空垂直遮障。栅栏遮障通常设置在目标暴露于敌的一侧，或设置在目标周围。道路上空垂直遮障是横跨道路架空设置，以防敌人沿道路的纵向观察。变形遮障是改变目标外形及其阴影的遮障，可分为檐形遮障、冠形遮障和仿形遮障。檐形遮障与地面成水平或倾斜设置在目标上，以防空中侦察，可制作成扇状、伞状等，其尺寸不小于目标长度或宽度的三分之一。冠形遮障与地面成垂直设置在目标上或目标近旁，以防地面侦察，可制作成不规则的扁平状，尺寸不小于目标高度的三分之一。仿形遮障是将遮障外形做成地物模样的遮障。

反雷达侦察的遮障技术是在第二次世界大战中，针对雷达分辨力有限及雷达波穿透力弱的特点，产生和发展起来的。这种技术采取了减弱、模仿目标回波或增强背景回波等措施，使用制式或就便伪装器材设置防雷达隔绝遮障、干扰遮障和均衡遮障等。隔绝遮障是利用遮障物形成雷达不能透视的区域或利用遮障改变雷达回波方向。设置隔绝遮障的器材一般是利用就便器材，如树枝、稻草、金属网、无线电技术织物等。

三、模拟伪装技术

假目标伪装是为欺骗、迷惑敌人而设置和构筑的、用以显示目标暴露征候的模拟物。在第二次世界大战中，英国为了对付德国的空袭，构筑了 500 多个用途不同的大型假目标，其中一部分专门用于夜间模拟铁路枢纽、船坞、工厂和发生火灾的城市等。使德国航空兵对英国领土进行的 877 次夜袭中，有一半以上的炸弹投到了这些目标上。与此同时，德国也利用假目标来迷惑盟军。在布勒斯特，德军将几艘破旧的运输船焊接在一起，组成战列舰“桑贺斯特”号、“格奈森瑙”号和巡洋舰“欧根亲王”号的模型。使盟军多次轰炸了这些模型，而那几艘真的战列舰和巡洋舰却长期未受重

伤。战争实践证明，随着侦察技术的发展，要把大型固定目标完全隐蔽起来是越来越困难了，但使用假目标迷惑敌人，吸引敌人注意力和火力，却可以使真目标得到保护。假目标的逼真度是欺骗敌人侦察和攻击的重要因素。只有在尺寸、形状以及设置的位置与真目标相同，在声光和活动痕迹与真目标相似的情况下，假目标才能发挥真正的作用。在第一次世界大战中，假目标制作都是用木材、竹材、塑料布、杂草等就便器材，模拟人员车辆兵器等小目标。到第二次世界大战期间，假目标已开始扩大到模拟机场、城镇、铁路枢纽等大型目标。部队开始装备少量的制式兵器、车辆的模型。针对电子侦察，已采用角反射器来模拟假桥梁、假坦克、假火炮、假阵地等目标，诱使对方把炸弹倾泻在假目标上。如诺曼底登陆前夜，盟军用大量装有角反射器的小船和大型涂铝气球，模拟大规模登陆行动，结果在德军的雷达荧屏上呈现大型舰队在飞机掩护向布伦方向登陆的假象，把德军的注意力牢牢地吸引在布伦、加莱方向，保证了盟军在诺曼底方向登陆的突然性。

灯火伪装是在夜间消除、降低和模拟目标的发光暴露征候，以隐蔽目标或迷惑敌人所实施的伪装。有室内灯火伪装和室外灯火伪装。室内灯火伪装通常用遮光法，降低照明强度、限制照射范围、模拟透光窗户等方法。室外灯火伪装主要有信号灯火的隐蔽、车辆前后灯的隐蔽、发光标志的隐蔽、模拟正在行驶的车辆灯光和作业场地等。

音响伪装是消除、降低、压制或模拟目标的音响暴露征候，以隐蔽目标或迷惑敌人所实施的伪装。消除音响应使目标音响在到达侦听点时比环境噪声小 15 分贝。安静地区的环境噪声声级通常夜间为 35 分贝，白天为 45 分贝；如不能达到消除音响的要求，也应尽量降低音响。声级每降低 6 分贝可使侦听距离缩小二分之一。模拟音响时要求模拟音响与目标音响具有相似的频率和声级。

第四节　军事交通技术

军事交通运输是军队行动的生命线，是军队前送、后运和实施机动必不可少的工程保障措施。19 世纪 20 年代以来，随着轮船、铁路、汽车和飞机相继在战争中的运用，逐渐形成了空中、地面和水上交通运输网络，使军队的机动能力和物资补给能力得到了显著加强。与此同时，围绕军事交通运输的破坏与反破坏、封锁与反封锁的斗争也更加激烈复杂，并贯穿于作战的全过程，从而对军事交通技术提出了更高的要求。

一、军用道路的修筑

近代以来，随着汽车的出现，军用汽车路开始形成并发展。1775 年，法国的特列萨盖采用碎石材料铺筑路面，开创了近代道路的修建技术。1805 年，英国的台卢福和马克当等人用碎石做基层，用有结合料的细粒碎石做面层的路面结构型式，形成了表面平坦、能承受较重荷载的路面结构，从而促进了筑路技术的革命。1892 年，汽车出现以后，碎石路面已显得不能满足汽车行驶的要求，在欧洲出现了从华沙到彼得堡用天然沥青和碎石混合而成的路面，后来发展成沥青和水泥路面。在第一次世界大战期间，德国、法国、意大利等国广泛修筑了汽车路，有效地保障了军队的调动和军事运输。其中，法军构筑的道路达 1 万多公里。在第二次世界大战期间，汽车运输的迅速发展对道路提出了更高的要求。最长的一条是从阿拉斯加的大德尔塔至加拿大的圣约翰堡的"阿加公路"，全长 2647 公里。德国在第二次世界大战中为了适应其摩托化部队进行"闪电战"的需要，从 1933—1942 年，先后修建了 3860 公里的汽车专用路。以柏林为中心，两小时以内其国防军即可到达国境线。在某些路段，还修筑了机场路面，做空军部队的临

时"跑道",这是世界上早期发展的"高速"公路。1942—1945年,中美两国克服崇山峻岭、江河峡谷、暴雨山洪等困难,修建了由印度利多经缅甸密支那到中国云南边境畹町的"利多公路",全长1730公里。其中,在昆明近郊、畹町至龙陵、龙陵至保山等路段铺设了双层沥青表面的路面,共157公里,这是中国在道路修建史上首次铺筑的高级路面。

在临战或战时,为保障车辆和技术兵器紧急通行,就要构筑或标示简易军用道路——急造军路。急造军路的路线尽可能选在土质良好,只需进行标示或少量工程作业即可通行的地带。根据需要可构筑只供轮胎式车辆通行或只供履带式车辆通行的道路。在进行土石方作业时,则充分利用机械和爆炸方法,以减少作业力。在通过松软泥泞地带及岸滩时,采取扩大车辙部分的受力面积和增大车轮与路面的附着力,以减小车辙深度和防止车轮打滑。当泥泞深度大于20厘米时,根据现地情况可采用束柴、木材、竹片等就便材料制成的路面加以克服。1945年,苏军在向日本关东军进攻,途经兴凯湖低地时,就用小圆木构筑了8—12公里的急造军路。

二、战时铁路的抢修技术

铁路线抢修是保障军事运输所采取的快速修复被破坏铁路的措施。1861—1865年的美国南北战争时期,南方军队为阻止北方军队利用铁路运送作战物资和人员,采取了破坏铁路交通线的战略。北方军队则组建了建筑队,专门负责修复被破坏的铁路,这一措施对保障北方军队作战的胜利起到了重要作用。随着铁路运输的军事价值日益提高,战争中铁路屡遭破坏。世界各国,尤其是以铁路为主要交通运输手段的国家,都十分重视铁路抢修在战争中的运用,并不断改进抢修技术,加快修复速度。第二次世界大战期间,苏军在境内外共抢修铁路约12万公里。抢修线路时,往往根据被破坏程度,地形和取土难易,修复的期限以及抢修的兵力、装

备和器材，决定原线修复或修建迂回线。在复线区间，则先修复破坏较轻的一线，或在两线之间转线接通，首先恢复单线通车，尔后再恢复复线通车。对破坏的路基，一般采取填土修复。为减少填土量，可采取改变线路的纵坡度，缩小路基断面，采用临时结构拦边填土，或采用栈桥跨越弹坑等方法抢修通车。对线路上部建筑的抢修，采取混用长短轨或不超过一级的轻重轨，适当加大枕木间隔，或穿插使用非标准枕木，使用不同类型的道碴和减少道床厚度等方法抢修。

抢修铁路同时包括抢修铁路桥梁。早期的桥梁、桥墩的抢修采用木材，就地加工。但由于其强度低，适应跨度有限，耐久性差。因此，19 世纪末，德国首先创制了拆装式钢木结构的 Sc 型铁路军用梁。尔后，德国、法国、俄国等国曾使用过分段拼装的钢板梁和工字钢梁，并发展为拆装式铁路军用桥梁。第一次世界大战中，有的国家曾利用型钢杆件再增添少量专用杆件构筑桥墩。桥梁、桥墩器材在第一次世界大战以后和第二次世界大战期间，得到了较快发展。1931—1939 年，日本研制成功分段拼装的多片多层式中等跨度的铁路军用梁。1935—1942 年，德国研制成多种型号的铁路军用梁，最大跨度达到 150 米。1942 年，英国研制了适用于不同跨度桥梁的铁路军用梁，并为美军所采用。1939—1945 年，英国、美国、德国、日本等国还相继研制了成套制式铁路军用桥墩器材，如英国的 T 型(重型)和 L 型(轻型)铁路钢塔架桥墩等。制式桥梁、桥墩器材在减轻部件重量，提高同类部件的互换性和跨度的适应性等方面，都有了较多的改进，在战时铁路桥梁的修复中起到了重要作用。

三、军用舟桥技术

早期的舟桥器材，多是用民舟、木排、竹排，有时也用以空汽油桶等就便器材作浮桥桥脚，以木质或金属构件做上部结构架设的民舟浮桥。在 17 世纪的战争中，便于携带、运输和使用的制式舟

桥器材开始装备军队。如,日尔曼人和法国人用皮革、铜皮包在坚固的木架上制成的浮舟。1756年,俄军上尉涅莫伊设计了用帆布蒙在木架上的折叠舟,其结构简单,便于在各种渡河中使用。运输时,可以把木架拆开,将帆布卷起。1841年,奥地利军队装备了皮拉哥上校设计的分节式开口平底舟。两只或更多只舟可首尾相联结,构成所需浮力的桥脚舟。许多国家军队都选用或仿造了这种舟桥器材。这种舟开始是用木材制作,后来用铁,再后则用钢材制作。1843年,奥地利军队装备了便于运输的舟桥器材,提高了浮桥的架设速度。1846年,美军用印度橡胶制成了橡皮舟。每只舟由三个并排的尖头浮筒构成。在德军"闪电战"中,橡皮舟曾发挥了重要的作用。1853年,法国人设计了一种长9.4米、重658公斤的平底开口木舟,并使用于半岛战争。随后,英军查理·帕斯利将军设计了一种分节舟。它的舟首呈尖形,舟尾呈方形,两只舟的舟尾相连就可以构成一个支承桥面的桥脚舟。它们是由铜板被覆在木质骨架上并装木甲板而成。每个半舟都被分成若干封密的隔舱,并备有抽水工具。运输时两只单舟和一个桥节的上部结构装在一辆车上。19世纪末,英国人布兰沙德用外包白铁皮制作了呈半球形的圆筒体浮舟,由于机动能力强,逐步取代了帕斯利舟,在英军中得到了长期运用。1872年,俄军开始使用了浆划式舟桥器材。它是符合现代概念的最早舟桥器材。1889年,克劳森中尉发明了一种便于操作的磷青铜联结的双节舟。其单节舟可单独用于架设轻型浮桥,而将三个单节舟首尾相接,则可架设重型浮桥。1918—1939年,各国军队都在积极研究和设计运载火炮和坦克的重型浮桥。在第二次世界大战中,浮桥得到了快速的发展,出现了一批性能先进、陆上用汽车运载的舟桥器材。1930—1940年,最好的舟桥器材是苏军的2П(重型)和TMП(轻型)舟桥器材;美国的M4T6舟桥器材;德国的橡皮舟舟桥器材;法国的唐纳德·贝利桥等。钢制车辙式浮桥由充气橡皮舟或浮体支承,车辆行驶在一

对平行的钢质车行道或车辙道上，是第二次世界大战中最常用和最成功的应用舟桥。

浮桥由舟（浮游桥脚）和上部结构组成，通常分为刚性舟和充气舟两种。刚性舟一般是具有方头形舟首、带或不带甲板的平底舟。充气舟通常有三个橡胶浮筒，经充气后使用，浮体内有很多隔舱形成分隔的气室，以便在浮体遭到损坏时，能有效地使浮力损耗达到最低限度，而且运输时体积较小。浮桥的上部结构通常有三种形式：桥桁加桥板式、车辙道式和桁架式。桥桁加桥板是用木梁或钢梁作桥桁跨过舟与舟之间，桁上再铺上横向木板作桥板。车辙道式是由两个钢质车辙板构成，车辙板沿纵长方向跨过每一个浮舟。桁架式是用架设干沟桥的器材改架的浮桥。由于浮桥上部结构的连续性，因而具有足够的刚性，能把一辆坦克的重量分散到左右的舟上，最远的距离可达 13.7 米。因此，由仅能承载 18 吨左右的舟结构成浮桥，就能用于通载 40 吨的坦克。浮桥的架设方法通常有三种。一是单舟架设。即先将一个个独立的桥脚舟引入桥轴线，然后将放置在岸边的上部结构构件通过栈桥搬到舟上进行连接和固定。主要用于狭窄河流上架设浮桥。二是门桥架设。即将结合好的桥节门桥逐个引入桥轴线，首先将岸边的门桥与栈桥相连，然后将各门桥依次相连，最后闭塞浮桥。三是旋转架设。即先将整座浮桥在岸边连接好，或将浮桥分为两段分别在两岸连接好，然后以其近岸一端作轴心，顺水流方向旋转送入桥轴线。浮桥的固定方式有纵向和横向固定两种。纵向固定主要有系留柱、系留绳，用以固定岸边部分和过渡部分。横向固定主要有锚、锚纲、锚定门桥（舟）、横张纲、斜张纲等。用于在不同江河条件下保持浮桥的横向稳定。

第十一章　军事后勤保障技术

到了近代以后，军事实践有了巨大发展，在日新月异的科学技术的作用下，战争的空间规模日益扩大，战争的构成因素日益复杂。与此相联系，后勤保障发生了显著变化。后勤保障的内容空前丰富，战争所需要保障的物资种类极其繁多，各种物资所占的比重也发生了重大改变；后勤保障的方式有了全面更新，由于科学技术的进步，后勤保障有了全新的手段和措施；后勤保障的作用大大增强，随着军队武器装备、作战方式的改变，军事活动对后勤保障的依赖性越来越大；后勤保障的技术因素日益增多，近代后勤保障的每个因素和每个环节都渗透着技术的成份。在近代军事实践的基础上，后勤保障的各项专业勤务逐步发展起来。

第一节　物资保障技术

随着近代科学的全面进步和技术的全面发展，物资保障的内容和方式发生了彻底的改变。由于汽车、坦克、机动舰船和飞机的大量使用，油料成为必需的燃料，得到普遍地使用，油料保障成为物资保障的一项重要内容，没有油料，所有的战争机器几乎无法运转；由于以往使用的兵器得到了重大改进，发明并广泛使用了大量新式武器，在作战消耗的物资中，弹药所占的比重比以往大大增加，乃至成为作战物资的主要部分；由于部队的大规模集结，机动性增强和面临环境的复杂多样化，传统的给养保障由于采取了新技术而发生了全面的革新。

一、油料保障技术

18 到 19 世纪欧洲所使用的主要燃料是煤。1792 年英国人默都克从馏煤中发现了煤气，当时主要用于照明。1850 年苏格兰科学家杨从煤和油页岩中提炼出了煤焦油。其后，英国人格斯纳把从沥青岩石中提炼出来的油液进行再处理，去掉焦油成分，加工成最初的煤油。人类虽然早已发现了石油，但是，石油的工业开采是近代的事。1859 年 8 月世界上第一口用钻机打的油井在美国宾夕法尼亚州叫"石油溪"的地方喷油。1872 年俄国开采了巴库油田。石油是由多种碳氢化合物组成的，开采出的原油，最早只是用于照明或作锅炉燃油。到 19 世纪中叶，人们开始对石油进行分馏时，仍然只把重油用作燃料，而认为挥发油是有危险的，因而将其扔掉。到 19 世纪末叶，以汽油为燃料的各种内燃机先后诞生，从此以提炼供灯用的煤油为主，转变为更多地提炼汽油作为动力燃料为主。油料的提炼为内燃机的成长发展提供了燃料上的条件。内燃机的设想比蒸汽机还要早，但由于燃料、机械加工、热学理论等方面的问题，早期内燃机的研制设想未能取得成功。1859 年，法国勒努瓦研制成功二冲程、无压缩、点火式煤气内燃机，但热效率只有 4%。1876 年，德国奥托发明了第一台有实用价值的单缸卧式、四冲程复活塞式煤气内燃机，热效率高达 12—14%，他因此获得内燃机发明人的声誉。不久，苏格兰工程师克拉克在内燃机上装上两个汽缸，形成"往复式发动机"。1883 年，德国工程师戴姆勒研制成功第一台四冲程往复式汽油机，并首创高速立式汽油机。1886 年，腾特和卜雷斯特曼研制成功煤油机。1892 年德国工程师狄塞尔发明了柴油机。燃油内燃机的发明和不断改进以及在军事领域的广泛使用，给军事后勤保障提出了一项新的极其重要的任务，这就是油料保障。

军用油料是在民用油料基础上产生和发展起来的。燃油内燃机的发明和广泛使用以及石油化工工业的发展，使油料保障的内

容不断丰富。油料保障勤务的产生是近代后勤的事情。第一次世界大战以前，虽然内燃机已经发明，石油工业已经形成，但受当时机械工业水平的制约，部队的机械化水平还相当低。即使到了第一次世界大战期间，有些燃油机器开始使用，但还不普遍，油料消耗量在各种物资总消耗量中所占的比重较小，所以油料保障勤务并未充分发展起来。到了第二次世界大战期间，随着军用燃油机械的大量涌现，部队装备机械化的形成，油料消耗量急剧上升到占各种物资消耗总量的 30—40%，油料保障勤务的地位和作用迅速提高。油料的筹措、贮存、输送、加注等等一系列问题必须加以解决，对油料品种的需求也日益多样化。作为军事油料，除了具备民用油料的一般性能要求外，还有一些特殊的要求，例如耐低温，耐高压，抗辐射，防凝增粘等。为了适应这些要求，军用油料的加工形成了许多特殊的工艺技术，例如催化裂化，铂重整，延迟焦化，尿素脱蜡，催化剂，添加剂等等。

随着军队油料消耗量的增加，产生了油料的贮存和输送技术。军用油料的贮存主要是建立军用油库。军用油库建设总的要求是适应战备的要求。早先油库建设的最起码的安全要求是防渗漏，防火，防爆，防常规武器。随着技术的进步，军用油库建设不仅要能防常规武器，还要能防原子武器，多半变为洞库型和半地下型，配备有先进的消防设备，通讯设备，锅炉设备，符合防爆要求的电气设备，灌装控制仪，油罐测量仪，建立油料化验室，油库作业实现机械化和自动化。早期的野战贮油主要依赖金属油罐，贮油罐实际上相当于油料分库。第二次世界大战期间，美军曾在太平洋战区的许多地方建立大中小型贮油罐。其次是贮油桶，它兼有桶装贮备和桶装运输两种作用。美军在第二次世界大战期间曾经大量使用 55 加仑油桶，这种油桶分 14 度镀锌重型桶和非镀锌的轻型桶两种。此外，在必要的时候，油车、油船、管道及其他运油工具也可作为临时贮油容器。除了金属贮油器外，后来还出现了橡胶软

体油罐。这种油罐耐油，耐老化，耐低温，耐撕裂，零下 40 摄氏度仍能折叠装运，无裂纹，露天使用 5 年不龟裂，重量轻，折叠后体积小，是一种理想的野战贮油容器。油料的运输方式主要有车运、船运和管道运输几种方式，一般的运输工具运油时可用桶装运输，专用的运输工具采用罐装运输。第二次世界大战期间，油槽车、油罐车和油船已经大量出现。利用管道输送油料同样始于第二次世界大战期间，1941 年，美军开始研究野战输油管线，1943—1945 年在地中海、欧洲大陆和太平洋等战场大量使用，其中仅在欧洲大陆利用输油管线就输送了 70％的军用燃料油，1942 年苏军曾用野战输油管线通过江河障碍向部队供应燃料油。此外，有时候动用军舰、潜艇和飞机进行油料运输。

油料加注是在行军或战斗中为各种装备加注油料。经常采用的有定点加油、流动加油、集中加油和分散加油等方法。第二次世界大战期间，专用加油车已经开始大量使用，这种方式尤其适用于在战场上给坦克加油。利用油桶加油则借助于手工泵或机械泵。在不列颠战役期间，英国曾用在机场上停放更多油车的办法来提高飞机加油速度。英、美、德等主要参战国都能够利用油船给舰艇直接加油。日军偷袭珍珠港前，对海上加油方式进行了大量的训练。根据演习的结果，决定战斗舰和航空母舰的加油方式为加油船在后的纵曳法，巡洋舰和驱逐舰在海上平稳的情况下加油方式采用横曳法，其他采用加油船在前的纵曳法。训练后对加油船增添了许多加油设施，包括在船首船尾安装蛇形管用导路，装备架式转臂和两舷的防舷物，增加蛇形管，增设曳带和皮带。日军机动部队海上加油时最高速度为 9—12 节，纵曳时两船相距 70—80 米，横曳时两船相距 30 米，使用索直径为 4.8 或 5 厘米，长 115 米，蛇形管 9 条相连接，每条 12 米。早在 20 世纪 20 年代，人们就开始研究飞机空中加油，并形成了原始的技术，但没有受到部队重视。第二次世界大战以后，空中加油技术迅速发展，逐渐形成了空中加

油的两种方式，一是软管式加油系统，它主要由输油软管卷盘装置，压力供油机构和电控指示装置组成。软管为胶皮管，一般长为16—30米。管的末端有锥套，其外形呈伞状，内有加油接头(锥管)。加油时，加油机抛出软管，受油机飞到加油机后下方适当位置慢慢加速将受油插头插入锥管中，锥套内一组由弹簧组成的肘节自动抓住受油管管嘴。这时，加油管末端的单向活门正好被受油管顶开，燃油自动流进受油机。加完油后，受油机减小飞行速度，使受油管与锥套脱开。这种加油设备在一架加油机上可以安装多套，能同时为多架飞机加油。二是伸缩半刚性加油杆，由主管和套管两部分组成，全长约14米，伸缩范围约为6米，在管头油嘴处对称地装有两个夹角为130度的"V"形舵面，用来控制加油杆的位置。当受油机飞到加油机身后下方的受油位置时，加油机尾部透明舱内的操作员放下输油管，并使套管从伸缩主管中伸出，操纵"V"形舵面，使输油管插入受油机机头上方的受油口中，自动锁定后即开始加油。加油时两机相对位置的微小变化依靠伸缩管的伸缩及输油管上下左右的允许活动范围来调节。加油完毕后伸缩杆自动从受油口拔出并缩回加油机内。总之，随着技术的进步，加油方式和加油设备日益多样化和自动化。

二、弹药保障技术

18世纪以来，化学有了较大发展，先后发明了黄色炸药、梯恩梯炸药、硝化甘油烈性炸药、无烟火药以及混合炸药。这些炸药在军工生产中得到普遍使用。第一次世界大战期间，交战各国曾经使用二硝基苯、二硝基萘、二硝二甲苯、黑喜儿(六硝基二苯胺)补充梯恩梯的不足，作战中还使用了那莫那儿等。第二次世界大战期间，武器发展促进了混合炸药的发展。19世纪末合成的黑索今在第二次世界大战中受到各国重视，并发展了一系列以黑索今为主要成分的混合炸药。第二次世界大战末期，出现了塑料粘结炸药。战后，高能炸药奥克托进入了实际应用阶段，耐热炸药开始出

现。由于战争对弹药本身的安全性提出了越来越严格的要求，因此研制高威力、低感度炸药是重要的发展方向。各种高效安全炸药的发明为现代各种弹药的研制提供了重要的物质基础，加上各种发射装置的发明和改进，促使弹药保障在战争的物资保障中上升到极其重要的地位。

弹药是含有火药、炸药或其他装填物，能对目标起毁伤作用或完成其他军事任务的军械物品。军用弹药包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、鱼雷、水雷和地雷等，用身管武器发射的枪弹、炮弹称为射击式弹药；本身带有推进系统的导弹、火箭弹、鱼雷等称为自推式弹药；航空炸弹、手榴弹等称为投掷式弹药；地雷、水雷等称为布设式弹药。军用弹药一般由战斗部、投射部和稳定部等部分组成。战斗部是各类弹药的核心部分，用于毁伤目标。典型的战斗部含壳体（弹体）、装填物及引信。壳体为战斗部的本体；装填物为毁伤目标的能源物质或战剂。常用的装填物有普通炸药、烟火药，还有生物战剂、化学战剂、核装药及其他物品；引信用于适时引爆装药，以充分发挥战斗部的作用。常用的引信有触发、非触发、时间三种基本类型。战斗部按其作用，分为杀伤、爆破、穿甲、破甲、碎甲、燃烧等种类。此外，还有用于照明、发烟、宣传、电子干扰、侦察、传递信号及指示目标等特种战斗部。投射部大多含有发射药或推进剂，用于提供投射动力。枪弹、炮弹的投射部为装有发射药的弹壳、药筒或药包；火箭和鱼雷的投射部则为自身的推进系统。稳定部用以保证飞行稳定，以提高射击精度和发挥弹药威力。常用的有尾翼式和旋转式两种。除以上部分外，某些弹药还有制导部分，用以导引或控制战斗部进入目标区。

弹药的种类、结构及其特性决定了他们的贮存和补给技术。古代后期的战争中已经开始逐步使用弹药。早期弹药的种类很少，用量有限，从 13 世纪到 19 世纪中叶使用的发射药和爆炸药都

是黑色火药，很长时间内，弹和药是分装的。直到17世纪初，才出现整装式炮弹。弹药在贮存运输过程中主要解决火药的防潮防火问题，当时并没有什么特别的技术手段。由于弹药用量有限，当时以马车为主的运输工具携带的弹药基本上能够解决整个战局期间所需弹药的大部分。随着工业革命的发生和科学技术的进步，热兵器逐步完全取代了冷兵器，弹药的消耗逐步增大，但一直到第一次世界大战前，并未发生显著的变化。加上拿破仑在奥斯特里茨战役中采取的弹药持续补给的做法迅速被仿效，所以弹药供应一直没有成为一个突出的问题。从第一次世界大战开始，随着战争规模的扩大，新型火药的普遍使用和弹药种类的多样化，武器的种类及数量的增多，弹药消耗量猛增，弹药的补给在全部补给品中已跃居首位，弹药的贮存和补给成为军事活动中一个极其重要的问题。弹药贮存的基本做法是建立大批布局合理，位置适当，库区隐蔽的各种各样的弹药仓库，来完成贮备弹药的接收、保管、维护和发放任务。弹药仓库按使用范围可分为通用弹药仓库和专用弹药仓库，按保障任务可分为基地弹药仓库和野战弹药仓库。基地弹药仓库是一种永久性或半永久性的仓库，有5万吨以上的大型仓库、3—5万吨的中型仓库和3万吨以下的小型仓库。其库房包括普通弹药库房、特种弹药库房和危险品库房。野战弹药仓库是一种半永久性或临时性仓库。永久性或半永久性弹药仓库都有较为坚固的保管和防护设施，多采用洞库或半地下库的形式。弹药贮存中特别要加以解决的是防潮、防热、防火、防爆等问题，除在仓库建造上采取一系列技术措施外(例如使用隔热建筑材料，采取防排水措施，采用防潮密闭门等)，还配备各种消防器材和各种监测仪器，使用吸湿材料(如氯化钙)和控制温度与湿度的机械设备。战时的弹药补给除在营连和战斗分队设置弹药所和阵地弹药室外，主要的手段是动用一切可以利用的运输工具进行前送。在第一次世界大战期间，利用铁路运送弹药已显得相当重要，汽车随队运送

已开始显露端倪，但同时存在着马车甚至牛车运输。到了第二次世界大战期间，各种现代化的运输工具已经完全担当了弹药输送的重任。

三、给养保障技术

军队给养是军队平时和战时所需主食、副食、特制食品、饮料、炊事燃料以及牲畜饲料的统称。近代以后，随着工业革命的发生，军队给养发生了许多重要变化。一是新能源（主要是油料）的开发和利用，导致了炊事燃料的重大改变，特别是战时燃料的保障的大部分已经转化为油料保障。二是随着军队装备的机械化，牲畜饲料在给养中所占的份额迅速下降，甚至到了无关紧要的程度，虽然第二次世界大战以前，饲料保障仍有相当重要的作用，但是在保障的手段、措施和方法上与古代相似，并无重大变化。三是食品保障在给养保障中的地位更加突出，军用食品，特别是战时食品保障，是保障军队生存和提高部队战斗力的重要因素。作为野战应急食品，在贮存、运输、供给的过程中应主要解决好耐储、便于携运、快速加工和保温等问题。第一次世界大战前后，随着技术的全面进步，许多新的技术被应用于野战食品的贮存、运输和加工过程中。

食品的防腐和脱水技术是近代以来发展较快的一项技术。食品防腐是指抑制或阻止微生物在食品中生长繁殖，避免引起食品变质腐败的各种处置。常用的防腐方法有物理的方法（如干燥、盐渍、冰冻等）和化学的方法（即在加工过的食品中添加一定量的防腐剂，以延长保存期）。其中物理的方法古代就已经开始使用，并且常常是几种物理方法同时使用（如对腌制的肉类进行风干、晒干等）。进入近代以后，到第一次世界大战以前，主要沿用了古代的物理方法，供应的野战食品中还有大量腌制的肉类和传统的干粮。19世纪化学和微生物学获得了巨大的进步，人们认识到食品的变质是由于微生物作用的结果，并发明了抑制微生物在食品中繁殖的防腐剂。随着化工技术的发展，化学的防腐方法得以推广使用。

食品脱水是指降低食品中所含水分的作业。广义而言，脱水方法古来有之，如风干、晒干、炒干等。狭义而言，脱水是指近代产生的一种工业技术，它首先发源于第一次世界大战期间的美国。早期的脱水作业主要用于生产脱水蔬菜。脱水蔬菜既保存了营养价值，又减少了所占空间，很适合前线部队的需要。第二次世界大战期间，美军仍然大量生产脱水蔬菜供应前线。战后，脱水工艺得到了普遍推广，脱水食品增加了新的品种，如脱水米饭，脱水面条等。

食品罐头的发明和罐装食品的出现，具有重要的军事价值。1795年，法兰西第一共和国政府公开高价征求食品长期储藏方法。法国商人尼古拉·阿佩尔经过10年专心研究，1804年获得成功。1810年，他在发明报告中陈述了自己的方法，先将食物预先加热后装入广口的玻璃瓶里，用软木塞轻轻塞上瓶口，再把瓶子放到蒸锅里加热2小时，然后取出瓶子趁热将软木塞紧，最后用蜡将瓶口密封。1812年阿佩尔开办了世界上第一家食品罐头厂。不久，英国杜兰特将玻璃瓶罐头改成铁皮罐头，并在美国获得专利。1849年开始用冲压方法制作罐头盖，废弃了过去的锡焊方式。以后，又制成高压杀菌锅，发明制作空罐机和卷缝封罐机，采用真空技术，使制造出来的罐头完全符合卫生要求。食品罐头发明以后，随着加工技术的不断改进，逐步被用作军用食品。1870年普法战争中普鲁士军队首先使用了由豌豆粉、脂肪等制成的给养罐头。此后，给养罐头的品种逐步多样化。第一次世界大战中，食品罐头已成为美军战时给养的重要组成部分。1918年间，美军购买罐头的总数超过了10亿盒。罐头食品耐贮，便携，使用方便，是一种很适用的野战食品。

冷藏技术的发明和冷藏设备的使用则对军用食品的保存有很大的作用。古代的人们就已经知道将食品特别是肉类食品进行冰藏，以较长时间保质保鲜。中国古代《周礼》中记载“凌人掌冰以供祭祀宾客”。那时的人们用陶瓷作成“冰鉴”盛冰，置食物于其中，

以御温气。《吴越春秋》有“勾践之出游也，休息食宿于冰厨”的记载。中国唐代开始利用地窖藏天然冰，在夏季用来降温防腐。宋代，冰窖有了大量发展。19世纪初，美国有名医生，出于医疗上的需要，研制成一台很原始的冰箱，制出了世界上第一块人造冰。20世纪初，人们借助于电力，利用氨水使密封箱内的温度降至摄氏零度以下，形成了制冷机器。后来经过多次改进，形成了比较完备的制冷机械。这些制冷机械大多采用压缩式制冷方式，即将压力较高的液态制冷剂（如氨、氟利昂、氟里昂替代剂等）经过节流阀之后，压力降低，并在蒸发器内吸收热量蒸发成气，造成低温，此后，气态制冷剂被压缩机（活塞式、回转式、螺杆式或离心式）压缩提高压力、温度，在冷凝器内被冷却而凝结。液体再次经过节流阀到蒸发器去重复进行吸热、蒸发和压缩冷凝过程，如此循环往复。第二次世界大战中的美国，已经配备了氨冷却冰箱，冷冻车，冷冻船，修建了冷冻库或专门的冷冻工厂。

新型野战灶具的发明也是近代一项军事给养保障技术。古代的野战灶具比较简单，只有一些大尺寸的铁锅等炊具，炉灶多为在驻扎营地临时挖掘而成，即所谓埋锅造饭。西方随军的野战灶具多为面包炉等，近代以后野战灶具逐步机械化。第一次世界大战中的美军已配有现代化的面包烤炉、切片机、切肉机、削皮机、刷碗机等。第二次世界大战期间，开始使用机械化的野战灶具。野战炊事装备包括野战炊事车、面包车、压缩干粮加工车等等。这些炊事装备的共同特点是操作机械化，工作效率高，供食速度快，机动性能好。

第二节　医疗救护技术

近代战争双方投入的兵员日益增多，使用的兵器杀伤力日益

增大，使得伤员急剧增加，战伤的种类也日益复杂。这就使得战争中的医疗救护成为军事后勤工作中的一个极其重要的问题。近代医学理论和医疗技术的全面进步，为战争医疗救护提供了必要的前提条件。在这些理论和技术的基础上，近代军队医疗救护技术取得了古代所不能比拟的巨大进步。从近代军事活动的条件和特点来看，军队医疗救护技术主要包括军队防疫技术，战伤救护技术和特种防治技术。

一、军队防疫技术

所谓军队防疫是指在部队及其活动中采取各种措施预防、控制和消灭传染病的过程。由于军队是特殊的群体，军事活动是特殊的过程，因此，军队防疫有着不同于一般防疫的地方。一是人群的密集性，使得一旦发生传染病容易造成流行趋势，因而军队防疫显得更为必要。二是环境的复杂性，使得军队防疫的任务极为繁重。三是防疫条件的恶劣性，使得军队防疫任务的完成极为困难。尽管军队防疫有着上述诸多特点，但从理论基础和技术手段上看，它与一般防疫没有什么本质区别。由于古代的科学技术水平低下，因而古代没有形成完整意义上的防疫技术。随着近代医学理论和医疗技术的全面进步，在近代的军事活动中逐步普遍使用了一系列重要的防疫技术。

一是免疫技术。天花是一种常见的传播性极强的传染病，自古以来就是严重威胁人类健康和生命的瘟疫。它一旦在部队中流行起来，就会大大削弱部队的战斗力。18 世纪以前，人类一直未能找到行之有效的防治措施。1796 年，英国乡村医生爱德华·琴纳在长期治疗天花实践的基础上，经过大量的实际观察，进行了人类历史上第一次接种牛痘实验取得圆满成功，从而发明了牛痘免疫法。牛痘免疫法发明以后，为人类找到了一种安全有效的方法，迅速地被运用到军队防疫上。危害人类健康和生命的传染病是多种多样的，牛痘免疫技术是人类通过免疫方法战胜传染病的一个

开端，而系统地应用免疫方法还有待于免疫理论的指导。19世纪，微生物学得到了发展。在此背景下，法国微生物学家巴斯德进行了医学免疫实验，开创了人体医学免疫法；俄国动物学家梅契尼可夫研究了免疫的作用原理，提出了“吞噬细胞理论”和“自身免疫疾病”概念，创立了免疫学；德国微生物学家冯·贝林从动物体内取得免疫血清，从而创造了血清免疫；艾尔利希定量测出血清抗毒素的含量，并大量生产，从而有效地控制了白喉等传染病。在免疫理论的基础上，人们相继制得了多种疫苗，从第一次世界大战开始被广泛运用于军队防疫。

二是药物治疗技术。各种免疫技术的发展，只能预防各种传染病的发生。对已经发生的传染病的治疗则有赖于各种治病药物。19世纪，以芳香族化合物为原料的医药化工技术得到了迅速发展，人类制得了多种药物。1935—1944年间，磺胺类药品的系列合成，提供了当时的主要抗菌手段。1928年，英国细菌学家弗莱明发现了青霉素。1940年前后，英国病理学家佛罗理等人在弗莱明发现的基础上，制得高纯度青霉素。1943年，美军较早地将这种抗菌新药应用于临床治疗。1944年，瓦克斯曼在美国提炼研制成治疗结核病的特效新药链霉素，谱写了治疗传染病的新篇章。

二、战伤救护技术

战伤救护技术指的是火线抢救伤员的技术。它是整个战伤治疗过程的第一个阶段，是整个治疗过程得以持续进行的前提和基础，直接影响着伤员的生命安全和健康恢复。战伤与平时发生的损伤不同，它的伤口污染较重，伤情较复杂，休克的发生率较高。古代军事活动中的医疗保障体制并不健全，医疗水平比较低下，伤员受伤程度也与近代有很大区别，没有形成近代意义上的战伤救护技术。近代以后，大量常规武器和中远程武器的出现，使得伤员出现的空间范围扩大，人数增多，伤员受伤的程度加重，战伤救护治疗问题突出，火线抢救伤员在医疗保障中成了一个重要问题，由

此逐步形成了战伤救护技术。英国女护士南丁·格尔在1854—1856年的克里米亚战争期间，率领38名女护士赴前线参加伤员护理工作，在长期的护理实践基础上，对火线抢救伤员制度和技术形成作出了特殊贡献。随着近代医学理论的发展，战伤救护技术逐步完善。一般认为，止血、包扎、固定和搬运是战伤救护四项基本技术。

血液循环理论和止血技术。战伤大量出血是引起伤员休克和死亡的主要原因之一。出血过多，人就头昏眼花，出冷汗，面色苍白，甚至昏倒。如果一次出血达到全身血液的1/3以上时，就有可能危及生命。因此，在救护过程中必须迅速准确地进行止血，才能有效地抢救伤员。中国古代在实践经验的基础上已经知道用药物和绳带对战伤止血。历史即将跨入近代门槛的时候，对人体的医学研究取得重大进步。1543年，比利时人维萨留斯发表《人体结构》，总结了当时解剖学的成就，论述了骨骼、肌肉、血管、神经、腹部和胸部内脏以及大脑的结构；1628年，英国人哈维发表《论心脏和血液的运动》，论述了他在1616年就已经基本完成的血液循环理论。近代止血技术是建立在这些人体医学理论知识的基础之上的。止血技术使用的前提是判明出血的种类。出血种类按出血部位可分为外出血和内出血，按损伤的血管可分为动脉出血、静脉出血和毛细血管出血。判明出血种类后，则采取相应的方法加以止血。止血的方法主要有加压包扎止血法、指压止血法、填塞止血法和止血带止血法四种。

细菌学说和包扎技术。包扎在战伤救护中应用得最为广泛，它兼有止血，保护伤口，防止感染，扶托伤肢和固定敷料，夹板等作用。古代的包扎主要起固定敷料的作用，近代的包扎已演变成为一项专门的救护技术，它形成的基础主要是已经形成的关于人体结构、脉络、骨骼、血液循环等医学知识，此外，还包括人们对细菌的初步认识。在1877—1878年的俄土战争中，俄军在战伤救护中

特别注重包扎技术的使用，并采用了石膏包扎，防止化脓包扎和常规包扎等当时最为先进的包扎技术。18 世纪 80 年代，法国微生物学家巴斯德首先进行了致病的微生物研究，开创了关于疾病的病菌学说；英国医生利斯特将巴斯德的研究成果应用于外科治疗，发明了防腐方法，使手术病人的死亡率急剧下降。这些医学成果进一步推动了战伤救护包扎技术的发展。在战伤救护的实践中，逐步做到了包扎材料制式化，包扎操作规范化。常用的制式包扎材料主要有三角巾和绷带等。包扎的一般要求是发现暴露伤口快，包扎动作迅速敏捷，准确轻巧，松紧适度。

固定和搬运技术。固定技术运用于对骨折伤员的救护，目的在于避免伤员在后送途中，伤部受到颠簸震荡导致断骨刺伤血管或神经，增加伤害程度和伤员痛苦而采取的急救措施。古代中医对骨折治疗已经采取了夹板固定技术。近代医学理论的进步，使得人们对固定的作用有了更为准确的认识，因而使固定操作技术走向规范化，并与其他救护技术综合使用。搬运技术是与其他救护技术配合使用的一种技术。在对伤员施行了止血、包扎、固定等急救措施之后，必须通过搬运将伤员及时安全地后送。当近代形成了对伤员进行分级治疗的保障体制后，搬运技术的意义便得到了充分的体现。搬运的常用工具是制式担架或简便担架。在 1877—1878 年的俄土战争中，俄军曾较早地组织了梯次性担架队后送伤员，显示了搬运技术在战伤救护中的重要作用。

三、特种防治技术

特种防治技术是对生物武器、化学武器和原子武器损伤的防治技术。它是在近代后期伴随着生物、化学和原子武器的发明及使用而逐步形成的技术。特种防治技术形成的理论基础和生物、化学、原子武器研制的理论基础十分相近，主要是近代以后生物学、医学化工技术和核物理学的发展。第一次世界大战期间，德国首先研制并使用生物武器，用人工投放炭疽杆菌、马鼻疽杆菌和鼠

疫杆菌等。同时,化学武器被大规模使用。第二次世界大战期间,研制生物武器的国家增加,战剂种类增多,生产规模扩大,投放手段多样化。同时,随着炮兵技术和毒剂分散技术的改进,特别是20世纪30年代后期神经性毒剂的研制成功,使得具有大面积杀伤功能的化学武器迅速发展。1945年美国首次进行原子弹爆炸试验,并于同年在日本投掷了两颗实战型的原子弹。战后,拥有原子武器的国家有所增加,原子武器的性能也大大提高。在特种武器研制和使用的同时,特种防治技术逐步发展起来。其中,生物、化学武器损伤的防治技术从一战开始逐步形成,并在实战中逐步推广运用,发展完善,而原子武器损伤的防治技术则是在二战以后逐步形成的,尚未在实战中得到具体运用。

特种武器伤害的特点之一是接触性伤害。诸如生物毒素的接触性感染,化学毒剂的接触性染毒,原子辐射的接触性沾染。据此,制作各种防护器材,遮盖人员和物资,避免接触性损伤。实战中,德国是比较早地研制和使用生化武器的国家,也是较早使用防毒用具的国家。德军从1915年开始,在医疗卫生器材中已经开始配备防毒用具。此后,防毒用具向多样化和系列化发展。除了专门的防毒用具外,一般医疗技术中的防毒用品如口罩等也被延伸转化为特种武器伤害的防护用具。特种武器对人员造成的特有的实质性伤害或是利用传染性病菌使人致病,或是利用化学毒剂使人中毒,或是利用核辐射对人产生放射性损伤等。对防护不及或防护不足可能或已经致病的人员,主要通过相应的药物进行预防性治疗。在近代的免疫理论、病菌学说和医学化工技术的基础上,人们先后提炼和制成了各种各样预防疫苗、抗菌素和解毒化学药品。根据需要,既可以事先进行人工免疫,也可以事后进行对症性药物治疗,必要时还可以施以手术治疗和专科治疗。此外,特种武器一般还会造成环境污染,原子武器还存在着冲击波和光辐射的杀伤因素。对此,人们还通过筑构各种防毒,防原子工事进行预

防。遭特种武器袭击后，还运用机械的、物理的、化学的手段对污染区进行消毒处理。

第三节　运输保障技术

军事运输是军队利用各类运输工具输送人员和物资的过程。它是后勤保障的一项重要内容。古代军事活动中的军事运输主要凭籍人力和畜力，在一定条件下借助于一些自然力，依靠一些简单的运输工具来完成。近代以后，由于科学技术的发展和工业革命的发生，军事运输所凭籍的动力和交通工具发生了彻底变革。这一时期火车、汽车、轮船和飞机等一系列新型交通工具相继发明，并逐步在军事运输中得到广泛应用，军事运输由此而进入了一个新的机械化时代。

一、陆地军事运输的保障技术

火车是由机车牵引在铁路上行驶的编挂成列的车辆。在火车发明之前，人们已经开始给马车铺设铁轨，以提高行驶速度。在蒸汽机技术的基础上，人们开始尝试用新的动力驱动运输工具。1801 年，英国人理查·德里维斯克制造了一辆蒸汽机车，试车时由于锅炉水烧干，机车烧毁。3 年后他改进蒸汽机车获得成功。在此基础上，机械师摩士·赫克和威廉·海德利将汽缸安装在接近车轮的地方，使蒸汽机车的性能又有改进。结合前人成就，英国工人出身的发明家斯蒂芬逊于 1814 年制成第一台实用的蒸汽机车。它能拉 8 辆重约 30 吨的车厢。但在速度、震动和噪声方面存在着很大的问题。之后，斯蒂芬逊改进了锅炉结构，提高蒸汽机的功率；在车底下配置了弹簧以减轻震动；他还发明把蒸汽通入烟囱，既避免了蒸汽被挤出时的尖叫，又增加了火力，使机轮的转速比以前快两三倍。1823 年，他主持修建铁路时，将铁轨由原来的生铁

改为熟铁，轨道宽度定为1435毫米，在枕木底下铺上小石块。这些改进措施，使蒸汽机车的优良性能得以更好地发挥。1825年，他指导建造了世界上第一台客货运新型蒸汽机车，试运获得成功，总载重达90吨，时速达24公里，由此开创了陆上运输的新纪元。到19世纪末20世纪初，人们又相继发明了电力机车和内燃机车，并逐步取代了蒸汽机车，使铁路运输工具得到了进一步发展。

火车发明以后，很快被军队用来输送人员和物资。火车作为一种新型的运输工具给军事运输提供了新的技术手段。19世纪中叶，铁路开始用于军事目的，铁路运输立即显示出极大的优越性。从1846年到1866年，俄、奥、德、美、普等国相继使用铁路运送军队和装备，其中以美国内战过程中使用铁路的规模最大，时间最长。美国内战是世界历史上第一次大规模使用铁路进行的战争，铁路运输为军队提供的新的强大的机动能力得到了显示。1870—1871年的普法战争中，双方均大规模地使用铁路集结军队和运送物资，特别是普军在战争初期利用铁路在短时间内向普法边境输送了几十万军队，数千门火炮以及大量马匹等，赶在法军之前完成了部队的调动和展开。此后，铁路运输逐渐成为重要的运输手段，日益显示出它在陆地战场上快速调集部队与大量运送补给品活动中的突出作用。由于铁路运输具有运载量大，适合长距离运输、受天侯影响小等特点，因而是战略、战役后方实施大规模运输的主要手段。

汽车是以内燃机为动力在公路上行驶的无轨车辆。原称“自动车”，因多装用汽油机，故简称汽车。从渊源上讲，汽车和火车一样，是在蒸汽机技术的基础上，人们尝试利用新动力驱动运输工具的结果，最初的区别，大概仅仅在于一个是在有轨的铁路上行驶，一个是在无轨的公路上行驶，但正是由于这种区别，使它们后来成为日益不同的两种交通工具。最早的汽车是用蒸汽动力行驶的车辆。18世纪60年代，由于军事上的需要，法国陆军炮兵大尉尼可

拉斯·约瑟夫·丘尼约奉命研制牵引大炮的动力牵引车。1769年，他制出1号车，但未成功。1771年他又制成2号车，虽不理想，但可开动。这是世界上最早的蒸汽汽车。德国人奔驰，经过多年反复试验，制成了单缸发动机，于1886年初装到三轮车上，发动机每分钟转动400次，能产生0.89马力，时速为13—16公里。这是世界上最早的汽油汽车。与此同时，另一个德国人戴姆勒于1886年制成了单缸汽油机四轮车，试车成功。故奔驰和戴姆勒两人均被称为“汽车之父”。

汽车发明以后，也被军队用来输送人员和物资。铁路运输运用于军事以后，虽然显示出了巨大的作用，但由于铁路运输自身的特点，决定了它必须以其他的运输方式作补充。近代早期，在陆地运输中，作为铁路军事运输补充的依然是古已有之的人力和畜力车辆运输。汽车发明以后，迅速地取代了这些传统的方式，而成为铁路军事运输的补充。在军事上大规模地使用汽车运输，当从第一次世界大战算起。在第一次世界大战期间的马恩河战役中，法国军队首次广泛使用汽车运送军队。当时征用巴黎的700辆出租汽车在50公里的距离内，运送了4000人。在大战过程中，法军和英军共使用汽车运输了约3900万吨军用物资和4950万人。其他参战国也开始大量使用汽车进行军事运输。到了第二次世界大战时，汽车运输更为普遍和广泛，成为陆地运输中仅次于铁路的重要手段。如从1944年6月至1945年5月，美军在欧洲战场上通过铁路运输的物资为1848万吨，而通过公路运输的物资为1488万吨。在没有铺设铁路的地方和从铁路终点站向前延伸时，作战部队的运输与补给主要依靠汽车。汽车军事运输具有机动灵活、周转速度快、适应性强等特点，既可直接完成运输任务，又可与其他运输方式衔接进行运输，是战役、战术后方实施机动和物资供应的主要手段。在汽车运输方式的地位和作用日益提高的同时，汽车的种类日益增多，出现了给水车、运油车、加油车、乘坐车、载重车、

指挥车、通信车、食品加工车、轮式牵引车、导弹专用配套车、起重车、维修车和救护车等等车辆类型。

二、水路军事运输的保障技术

近代以来，自蒸汽轮船发明以后，彻底改变了水路军事运输的面貌。由于水路军事运输具有运量大、成本低、航线不易破坏等特点，所以这种方式早在古代的军事活动中，就受到了相当的重视，有时是作为重要的补充手段，有时（例如海上作战或渡海作战）则作为必须的手段。在19世纪40年代的墨西哥战争中，美军率先装备蒸汽动力战舰和轮船，并用以运送人员和机械。到了50年代的克里米亚战争期间，当时世界上最先进的国家，拥有世界上最大舰队和海军的英国和法国已经用蒸汽机船装备了军队，英国的"先驱者"号轮船已经能够满载150吨补给物资，这次战争被认为是海军发展进入钢铁和蒸汽时代的里程碑。此后，在以蒸汽为动力的船只的海战中，通过水路军事运输实现舰队的燃煤、弹药和其他物资补给成为极其重要的一环。美国内战期间，轮船水路运输的规模已经比较可观，有些战役主要是靠轮船运送兵员和物资。在19世纪末的美西战争期间，美军已经利用运煤船和辅助补给船随队对舰队进行补给。第一次世界大战期间，水路军事运输发挥出更大的作用，特别是渡海参战的美国，其海军所属船队向法国运送了约600万吨物资。第二次世界大战期间，不仅水路军事运输的专用船只日益多样化而且其地位更为重要。特别是美国对德、日作战中，首先要跨越大西洋和太平洋，且与战场距离遥远，两洋的交通运输线能否保持畅通，对美国以及有关盟国的作战与补给至关重要。从1941年至1945年，盟国单是通过大西洋的船队就达2200个（舰船总数为75000艘）。

水路军事运输必须依赖各种航行技术。水路军事运输通常分为内河运输、沿海运输和远洋运输。在航行技术中，首要的是开辟航道。航道是指海洋、江河和湖泊等水域，可供舰船等安全航行的

通道,是水上交通运输的命脉。航道的设置常利用天然地形来进行,也可利用人工开挖,应有与通航舰船相适应的水深和宽度以及比较平稳的水流。其转向处,应有适当而缓和的曲度,并且适当加大其宽度。内河航道还须考虑净空高度,航道上一般设有航标等导航设备。在航行技术中,最为复杂的是航海技术,经过长期的发展,逐步形成了地文航海技术、天文航海技术和无线电导航技术。地文航海技术是人们根据对地理现象的认识和以此为根据制作的仪器来进行航海的技术。人们利用绘制的海图,设置的助航标志,制作的罗经仪器,潮夕、潮流的变化规律来进行航迹推算和陆标定位,使用适当的航行方法进行航海。天文航海技术是人们根据对天文现象的认识和以此为根据制作的仪器来进行航海的技术。人们利用天球坐标,天体视运动变化规律,天体高度测量仪,求出天文船位线和罗经差进行航海。无线电导航技术是借助各种无线电助航仪器测定船位进行航海的技术。人们利用无线电测向仪、雷达、卫星和其他无线电导航系统进行航海。

三、航空军事运输的保障技术

航空军事运输所使用的基本运输工具是军用运输机,它是专供军事空运的一种飞机,用于空运作战部队、武器装备、后勤物资和伤病员等,执行任务的主要方式是机降、空降和空投,特点是机动灵活性强,可实施快速兵力机动,在很短时间内将兵员、装备和其他物资运送到目的地。第一次世界大战期间,飞机尚处于早期发展阶段,但交战双方都曾用飞机运送过联络人员、紧急文书和少量紧急器材。1919 年专门设计的民用运输机在德国出现,此后,美、英等国相继制造出民用运输机。军用运输机在民用运输机的基础上脱胎而来。第二次世界大战期间,军事空运曾达到相当大的规模。1941 年,德国在地中海克里特岛实施空降突击战时,动用民用运输机空降 750 人的敢死队,1 万名空降兵,空运 8000 名武装士兵。英、美军队为了在诺曼底登陆,曾出动了 3 个空降师的

兵力。英、美军队为了攻战荷兰境内的阿纳姆大桥，曾出动了2023架运输机，空降了2万名空降兵。同盟国空军在第二次世界大战中广泛使用的军用运输机是由民用运输机改装的。1943年，美国开始研制远航程大载量的军用运输机，并于1944年底首次试飞。第二次世界大战以后，军用运输机作为独立机种蓬勃兴起。由于军事运输机主要靠发动机解决远航程，低油耗，大载量等问题，所以它经历了活塞式航空发动机、涡轮螺旋桨发动机和涡轮风扇发动机的变化过程，同时研究短距起落军用运输机。

军用运输机的形体设计与其他飞机相比，有一系列显著的特征。一是粗大的机身和上翘的尾段。粗大的机身是由于它需要一个大容积的货舱，机身尾段上翘是为了适应设置机尾大货舱门，快速装卸货物和便于空降空投的要求。二是大展弦比机翼和高置布局。大展弦比的平直机翼有利于减小飞行中的诱导阻力，增加航程。安装涡轮风扇喷气式发动机的军用运输机，采用大展弦比梯形后掠机翼，是为了减小高亚音速飞行时的阻力，提高巡航速度，但为了同时满足低速飞行时的需要，机翼后掠角不能太大。采用高单翼布局形式既是为了减小气动干扰阻力，又是为了让机身处于机翼之下，便于装卸货物。三是高效率的增升装置。增升装置是飞机在起飞、着陆时用于增加机翼升力的各操纵面的总称。由于军用运输机要求有良好的起降性能，因而除了要求有较大的推重比，较低的翼载荷外，还必须有高效率的增升装置。四是多台发动机的翼置或翼吊布局。军用运输机的载重量大，要求发动机有大的推力或拉力。大、中型军用运输机常采用4台发动机，小型军用运输机一般也有两台发动机。翼置或翼吊发动机，既有利于控制飞机的重心，也便于维护和装卸。五是高置的水平尾翼。涡轮风扇喷气式军用运输机的水平尾翼高置成“T”形尾翼布局，这种布局不仅气动特性好，而且当飞机停在地面上装卸货物时，平尾不易被碰伤，某些情况下，还可减轻飞机结构重量。六是多支柱多轮

式起落装置。军用运输机必须适应野战要求，能在野战机场和中小型机场起降，而它的起飞和着落重量都很大，采取多支柱、多轮式起落装置，可以减轻每个机轮加在跑道上的压力，使它能够在普通机场，甚至粗糙的土质跑道上起降。

军用运输机的货舱设计也有自己的特点。为了载运各种军事装备和人员，军用运输机要求有大的货舱。它的横截面形状一般为圆形、双泡形和修圆四角的长方形几种，机身外径4—7米。中型战术运输机的货舱容积为100—300立方米，大型战略运输机为200—400立方米，巨大型战略运输机超过600立方米。在货舱的布置上小型为单层，中型为双层，大型甚至为三层。多层设计可以大大增加有效容积。军用运输机的货舱地板是经过特别加强的，一般采用纵横向受力骨架和夹层地板，有的地板还采用了钛合金构件，以提高地板的承载能力，减轻地板的结构重量。大、中型机的货舱地板上，一般都装有滚棒或滚珠装卸系统，货舱内设有各种装卸器械和固定货物装置，有些运输机上还设有整体平衡系统和自称重心装置，采用增压舱。为了方便装卸、空降和空投，军用运输机大多采用机尾大货舱门。大型军用运输机同时还备有机头大货舱门。当头、尾大舱门同时打开后，整个飞机的货舱宛如一个贯通的甬道，便于直通式装货，坦克、自行火炮和各种车辆可从前后舱门鱼贯驶入或开出，无须倒车退行。大货舱门一般采用液压系统操纵，因而开闭大舱门和收放货桥都很方便。为了适应空投各种军事装备的需要，现代军用运输机还采用了集装箱、货盘平台系统，或低空降落伞空投系统，利用这些系统能将大吨位的成批供应品，弹药或装甲车辆、推土机、榴弹炮、防空炮等大型装备迅速安全地空投到预备地区，更好地适应了野战运输的要求。

第十二章　当代军事科技发展的历史条件

二战以来，不仅常规武器制备技术有了新发展，更重要的是军用核技术、导弹技术、电子对抗技术、情报通信与指挥自动化技术、计算机技术、人工智能技术等高新技术有了大发展。当代军事科技的这种发展，与战后世界经济、政治、军事态势和新技术革命发展等历史条件是密切相关的。掌握当代军事科技的发展脉络，就需要分析促进这种发展的主要历史条件。

第一节　当代军事科技与战后世界经济和政治

当代军事科技的发展，不论在广度还是深度上，都超过了近代军事科技，更远远超过了古代军事科技。这种发展，没有世界范围的经济基础和政治基础作历史条件是不可能的。

一、战后世界经济的格局和发展及其对当代军事科技的影响

世界经济格局，是指世界经济力量的构成与态势。在世界经济发展的不同历史时期，世界经济的格局是不同的。在同一时期的不同阶段上，因经济、政治等因素影响，世界经济格局也会呈现出不同特征。二战以来，世界经济呈现着社会主义和资本主义两种经济与发达资本主义、社会主义和发展中民族主义三类国家国民经济并存的格局。这种格局是第二次世界大战后世界各种矛盾发展的结果。20 世纪 80 年代末 90 年代初，虽然由于东欧剧变，苏联解体，世界社会主义经济受到很大削弱，从而影响世界经济格局，但尚未从根本上改变当前的这种世界经济格局。

战后世界经济格局中充满着复杂的经济关系，主要有：南北经

济关系，即发展中国家和发达国家之间的经济关系；东西方经济关系，即战后苏联和东欧社会主义国家同西方资本主义国家之间的经济关系；社会主义国家同发展中民族主义国家之间的经济关系；西方经济关系，即美国、西欧、日本等发达资本主义国家之间的经济关系；南南经济关系，即发展中国家的经济关系；社会主义国家之间的经济关系。这六种经济关系相互交叉、相互影响，构成了当代世界经济关系体系，其矛盾运动是当代世界经济发展变化的重要动因之一。由于各类国家情况不同，加上世界经济发展不平衡规律的作用，三类国民经济将面临着不同的经济发展前景：发达资本主义国家的经济实力在世界经济中的地位作用将进一步加强，优势更明显；社会主义国家的经济实力的地位作用虽然难以恢复到 80 年代的水平，但会较 90 年代初有所提高；发展中民族主义国家的经济实力的地位作用虽不会十分明显，但也将会有所提高。同时，在资本主义和社会主义两种经济并存的情况下，有可能形成以美国、西欧和日本为主的北美、欧洲和东亚三大经济区。整个世界经济虽有不稳定性，却呈增长势头。

在战后世界经济新格局的形成和发展过程中，世界经济的发展呈现着如下主要特点：

第一，科技革命已成为世界经济发展的巨大动力。战后，从 20 世纪 40 年代中期起，在世界范围内兴起的新技术革命既向各国经济发展提出了严峻挑战，又向各国经济发展提供了良好机遇。在新技术革命推动下，世界经济进入了一个崭新的发展阶段，无论是社会生产力、国际分工、国际金融，还是各国的经济组织和管理以及国际经济关系，都有重大的发展和突破。

第二，各国经济依存加深，区域合作迅速发展。战后，各国经济相互依存日益加深主要表现在：三类国民经济之间相互渗透和相互借鉴的趋势增强；集团经济出现了外向化的趋势（如 60 年代欧洲共同体与经济互助委员会的相互接近和建立多种形式的经济

合作关系);国际间的贸易往来、技术交易和劳务输出空前发展。随着各国经济相互依存和渗透的加强,40—50年代开始在欧洲出现了地区性的国际经济合作组织,60—70年代在第三世界范围内出现了区域集团化的高潮,80年代末90年代初以后,许多国家进而把区域性经济合作的目标定在“经济一体化”上。这种经济集团的产生和发展,不同程度地改善了国际经济环境,促进了参加合作组织的各国经济的发展。

第三,经济调整和经济改革成为潮流。战后以来的50余年中,世界经济总的来说有了很大发展。但在发展过程中,不论是实行什么样的经济制度,也不论是发达国家还是发展中国家,都程度不同地遇到了这样或那样的经济问题和矛盾,如不调整和改革,便不能继续发展。因此,当今世界几乎所有的国家和地区,都在以经济调整(如发展战略、经济政策、产业结构、国际经济关系等的调整)和经济改革来推动本国经济的加速发展。世界各国经济调整和改革的日益深入,必然加速世界经济的发展。

第四,世界经济发展不平衡加剧。在世界经济总体上获得发展的同时,各国经济发展不平衡的状况也进一步加剧。这种不平衡主要表现在资本主义国民经济、社会主义国民经济、发展中民族主义国民经济三类国民经济之间发展的不平衡,各类国民经济内部发展的不平衡;世界不同地区经济发展的不平衡。世界各类国民经济、各个国家和各个经济区域发展的不平衡,加剧了相互之间的矛盾和斗争。

战后世界经济发展对当代军事科技的影响主要表现在:

首先,战后世界经济的发展为当代军事科技的发展奠定了物质基础。科学技术是第一生产力,也是第一战斗力。历史表明,为了增强自己的军事实力,并在战时赢得战争的胜利,当今世界上许多国家都尽量将最先进的科学技术运用于军事领域,或直接组织进行军事尖瑞科学技术研究,大力发展军事科学技术。为此,不仅

要有高素质的科技人才,必备的技术设备和手段,健全而高效的研制机构,而且要有必需的往往是巨额的经费。美国总统里根于1983年3月23日向全国提出并要求付诸实施的“战略防御计划”(SDT计划)即“星球大战计划”,实际上是一项空前规模的军事高科技计划,其投资竟达1万8千亿美元。可见,发展军事科技特别是军事高科技,没有必要的甚至是雄厚的物质基础,是难以设想的。当代军事科技的发展必须根植于当代世界经济发展的沃土之中。综观战后世界经济总体,是发展的态势。这种发展,为战后军事科技的发展奠定了坚实的物质基础。

其次,战后世界经济发展促进科技大发展,从而为当代军事科技发展奠定了技术基础。战后,在世界范围内兴起的新技术革命,以原子能、电子计算机和空间技术等的发明和应用为主要标志,推动世界经济进入了一个崭新的发展阶段。世界经济要继续发展,就会向科技提出更多更高的需求,从而刺激科技继续发展;发展科技特别是高科技需要大量资金,世界经济发展了就为世界科技继续发展提供了资金来源;科技成果要转化为现实生产力就必须应用于生产,经济发展了就需要应用更多的科技成果;世界经济发展了,国际贸易发展了,还有利于科技成果在世界范围内交流和发展。战后世界经济发展史表明,凡是经济发达的国家和地区,科学技术一般也比较发达。在新技术革命推动下迅速发展起来的世界经济,反过来促进世界科技发展的结果,必然为当代军事科技的发展奠定技术基础。

再次,战后世界经济发展的安全需要为当代军事高科技的发展提供了一定机遇。两次世界大战的惨重教训,使世界人民深刻认识到:要和平,不要战争;要创造一个和平、安全和稳定的环境发展经济。但在帝国主义、霸权主义存在的条件下,战争的危险依然存在,爱好和平的国家和人民要创造一种和平、安全和稳定的环境发展经济,不拥有一定的军事实力(包括军事科技实力)是不可能

的。这种世界范围内的保障经济安全发展的需要，客观上为当代军事科技的发展提供了一定机遇。战后，苏联、中国等社会主义国家（苏联推行霸权主义的时期除外），亚、非、拉某些民族民主国家，为经济建设创造一个良好的周边和国际环境而发展军事科技，就是如此。

战后世界经济发展对当代军事科技发展不仅有促进作用，而且有制约作用。世界经济的发展使各国经济日益密切地联系在一起，经济利益冲突的解决方式，具有更大的灵活性和多样性。即使在发达资本主义国家之间，争夺势力范围的斗争确实依然存在，但同时又存在着相互利用、相互渗透、你中有我、我中有你、共同协调的情况。经济利益的矛盾，使它们必然发生激烈的斗争；经济利益的紧密联系，又使它们尽可能避免直接发生武装冲突。而且，战后许多国家都越来越重视增强以经济和科技为基础的综合国力，经济因素的地位作用在上升，军事因素的地位作用在相对下降。所有这些，都会使直接为战争和军事服务的军事科技的发展受到制约。战后世界经济格局的矛盾运动使世界各国军事科技的发展既相对独立又相互渗透，既相互竞争又彼此交流。

二、战后世界政治的格局和发展及其对当代军事科技的影响

世界政治格局，是指世界政治力量的构成和态势。世界政治格局是世界经济格局的集中表现，两者之间有着密切的联系，但又不完全对应。二次大战后，世界政治出现了历史性的变化。美国在战争中得的好处最大，政治、经济和军事实力都大大增强，使它成了资本主义世界的头号强国。而德、意、日三个法西斯国家被打败；英、法两国在战争中大伤元气，沦为二流国家。社会主义的苏联经过战争的考验，政治、军事都得到空前加强；在欧、亚又诞生了十几个社会主义国家。亚、非、拉出现了一系列独立的民族主义国家。这样，世界政治领域出现了三类政治制度、三种基本政治力量，即资本主义、社会主义和民族主义，形成了不同社会制度和不

同类型国家并存的世界政治体系。战后在“雅尔塔体系”基础上形成的美苏两极对抗格局，就是上述世界政治力量对比发生极其深刻变化的结果。这种两极对抗的世界政治格局，一直延续到 20 世纪 90 年代初苏联解体为止。

战后世界政治两极格局的演变大体经历了四个阶段。第一阶段，是两大阵营形成和对抗的阶段。从二次大战结束到 50 年代末，世界政治格局形成了以苏联为首的社会主义阵营和以美国为首的帝国主义阵营相互对抗的态势。两大阵营既是政治集团，又是经济集团、军事集团。它们紧紧围绕着处理二次大战中战败国的问题，战争遗留问题，经济复兴问题、民族解放问题等展开着斗争。第二阶段，是世界政治格局处于动荡、分化、改组的阶段。从 60 年代初到 70 年代初，世界政治格局处于酝酿重大变化的时期。之所以这样，一是苏联开始对外推行霸权主义政策，扩大了社会主义阵营的矛盾，苏中关系恶化，国际共产主义运动出现分裂，社会主义阵营也随之解体。二是在世界经济、政治发展不平衡规律作用下，西欧、日本的经济进入了战后高速发展的阶段，经济地位的改善使它们在政治上产生了要求摆脱美国控制的独立自主倾向，帝国主义阵营也在分化。三是亚、非、拉民族解放运动向纵深发展，一大批殖民地国家获得政治独立，并纷纷走上了不结盟道路，从而崛起了一支新兴的世界政治力量。第三阶段，是“三个世界”阶段。到了 70 年代，由于政治、经济、军事力量对比的发展变化，美苏两个超极大国构成了第一世界；广大发展中国家(包括中国)构成了第三世界；日本、西欧、东欧、加拿大等国家构成了第二世界。“三个世界”构成了 70 年代世界政治的基本态势，其中，美苏两个超级大国是世界动荡不安的主要根源，第三世界是反殖、反帝、反霸的主要力量，第二世界是在反霸斗争中可以联合的力量。第四阶段，是两极格局向多极格局过渡的阶段。从 80 年代开始，苏联逐步走向衰落，美国里根上台任总统后，重振美国经济、军事，

使美苏争霸态势中,形成美强苏弱的局面。到80年代末90年代初,随着国家间力量对比的此消彼长,东欧剧变,苏联解体,世界两极格局正式终结。进入90年代,世界加速向多极化方向发展。在世界政治多极化新格局的形成过程中,世界各种矛盾都在深入发展,各种政治力量正在重新分化组合,各种重大的战略关系也在调整变化。预计,世界政治形势在20世纪内将趋向有限的缓和。之所以说缓和有限,是因为趋向缓和的同时仍将有动荡不安。

在各种政治力量的矛盾斗争推动下,当代世界政治的发展呈现着如下显著特点:

第一,目前世界政治格局正加速向多极化发展。二战后世界政治形成的美苏两极对抗格局,由于各种政治力量矛盾和斗争,60年代开始出现多极化倾向,80年代末90年代初两极格局最终瓦解。目前,世界政治格局正加速向多极化发展。不论是从经济、政治、军事某一个方面或是综合各个方面看,美国今后仍是一个"极"。同时,西欧、日本与美国一起成为世界经济三大中心;中国已成为一支独立的政治力量;俄罗斯具有世界大国的许多条件;第三世界的广大中小国家也在国际事务中发挥重要作用。总之,当今世界已不是一两个超级大国主宰的世界,而必须是众多国家和国家集团共同管理的世界了。

第二,政治协商对话日益受到重视,但武力解决争端仍被强者所用。战后,经济生活日益国际化的趋势,导致世界各国经济领域的各个方面更加相互渗透、相互依赖,政治上也相互影响,加强交往。由于国家间的关系和联系日益密切,一处失火,多处受损,因此,在还存在可以协商解决争端的一线希望的时候,就要尽量避免矛盾激化。许多全球性的问题,如和平问题,裁军问题,发展问题等等,已不能靠少数国家或一两个大国来解决,也不是靠战争手段所能解决的。世界政治力量的集结还出现了超越意识形态的倾向。靠政治协商对话来解决国际争端,日益受到各国政府和有识

人士的重视。战后，世界许多地方也不乏通过协商途径缓和矛盾解决争端的事例。但有的地方有的时候通过协商对话解决国际争端乃至国内武装冲突，仍然困难重重。武力解决争端仍被强者所用，如波黑问题、阿富汗问题等就是如此。

第三，强权政治被削弱，广大发展中国家的影响不断增强。战后，美国曾依仗其强大的经济、军事实力，在世界各地侵略扩张，把持联合国，把自己的意志强加于资本主义世界各国以及其他弱小国家，谁稍有违抗，便动辄以经济"制裁"或武力相威胁，甚至兵戎相见，武装入侵。苏联在经济、军事实力增强并成为超级大国之后，在社会主义国家和发展中国家中，也大搞强权政治，以"社会主义国家之首"、"天然盟主"自居，力图把各社会主义国家和发展中国家绑到它与美国争霸的战车上。美苏推行帝国主义和霸权主义强权政治的行径，必然要遭到广大发展中国家乃至美国西方盟友（如西欧、日本等）的反对。尤其是广大发展中国家，它们在共同的斗争中加强合作，联合行动，敢于抗击帝国主义、霸权主义的强权政治，维护自身的经济政治利益。广大发展中国家反帝、反霸斗争的深入发展，使强权政治被削弱的趋势日益增强。

第四，联合国和其他国际组织在国际事务中日益发挥重要作用。联合国是最大的国际组织。虽然在它成立之后的一个时期内，曾被美国所控制和操纵，60 年代以后，两个超级大国又把联合国作为争霸的场所。但随着第三世界的兴起，越来越多的发展中国家加入联合国，特别是中国在联合国席位的恢复，使联合国在国际社会中的地位得到提高，增强了它在维护和平、促进发展方面的作用。近 10 多年来，它在缓和国际冲突，防止紧张局势进一步恶化，促进国际合作，改善国际安全环境，积极推动和参与地区热点问题的和平解决等方面发挥了重要作用，成为比较有影响力的国际协调机构。除联合国外，许多国家集团组织和地区性国际组织，如欧洲共同体、阿拉伯国家联盟、东南亚国家联盟、非洲统一组织、

美洲国家组织等，在协调国际政治关系方面也作出了贡献。

战后世界政治的发展对当代军事科技的状况，有着决定性的影响。

第一，战后世界政治的发展决定着战争与和平的转化，从而决定着对军事科技需求的变化。世界政治决定战争与和平的转化，是指世界政治的变化可使和平状态转化为战争状态，或使战争状态转化为和平状态。第二次世界大战结束，整个世界由战争状态转化为和平状态。但在帝国主义、霸权主义还继续存在的当代世界，和平随时都有转化为战争的可能。帝国主义、霸权主义为了达到它们的目的，往往不惜制造紧张局势，甚至挑起武装冲突，发动侵略战争。这就是第二次世界大战后，局部战争和地区性武装冲突接连不断，世界和平气氛屡遭毒化的重要因素。然而，世界要和平，国家要发展，社会要进步，经济要繁荣，生活要提高，这是当代各国人民的共同要求。当前，整个世界政治形势趋向缓和，这对减缓世界上战争状态的出现或者推动区域军事冲突向和平状态转化，具有重大促进作用。世界政治发展对战争与和平转化的这种作用必然反映到对军事科技的需求上。一般而言，战争和爆发战争危险性大的情况下，对军事科技的需求迫切，从而刺激军事科技迅速发展；和平状态下，对军事科技需求的迫切性减弱，军事科技的发展比较缓慢甚至可能处于“冬眠”状态。这种变化状态，不论从战后以来的整个世界看，还是从局部地区看，都是如此。

第二，战后世界政治的变化影响战争的样式、规模和烈度，从而影响对军事科技需求的种类、规模和力度。战后世界上局部战争和地区武装冲突频繁，有的局部战争和地区冲突还是美、苏两个超级大国直接出兵或间接介入的，但都始终没有酿成超级大国的迎头相撞或世界范围内的大战。这固然由于美、苏都有足以使人类毁灭几次的核武器，使它们不得不慎重考虑迎头相撞的严重恶果，但当代世界政治形势中出现的维护和平力量的增长势头，则极

大地制约着美、苏不敢冒然发动大规模的战争，而只能或采取“打了就走”，或打“低烈度战争”，或武力威胁，以免事态扩大，不可收拾。同时，世界政治加速向多极化发展，各个极之间的利益既有矛盾又有一致，这种相互制约的因素也会影响战争的爆发和已爆发的战争规模的扩大。战争的样式、规模和烈度如果不同，对武器装备等需求的种类、数量和威力也会有差别，从而对军事科技需求的种类、规模和力度也会有所差别。例如：1961 年 5 月至 1975 年 4 月美国侵略越南的战争和 1991 年 1 月 17 日至 2 月 28 日以美国为首的多国部队攻打伊拉克的海湾战争，虽然都是局部战争，但战争的样式、规模和烈度等方面还是有些差别。美国侵越战争是刚刚开始运用高技术武器装备的局部战争（在这场战争中，美国把越南战场当作各种新式武器的试验场）；海湾战争是一次大量使用高技术武器装备，并显示高技术局部战争诸多特点的一场现代战争。美国侵越战争期间，虽然南朝鲜、澳大利亚、新西兰、菲律宾、泰国等相继被卷入战争，中国也进行了援越抗美斗争，但直接涉及的主要是美越两个国家，而海湾战争则直接牵涉到几十个国家，是第二次世界大战以来规模和强度都最大的一场局部战争。越南战争和海湾战争的这些差异，必然对军事科技需求的种类、规模和力度产生影响。

第三，战后世界政治的发展影响着各国军事战略的制定和国防建设的规模，从而影响军事科技发展的战略和规模。世界政治形势尤其是周边地区政治形势，是一国制定军事战略和国防建设规模的重要依据。20 世纪 60—80 年代，美、苏双方因争霸世界而造成的敌对态势，决定着双方军事战略的选择和国防建设的规模，双方都力求保持军事力量的优势或均势。还有其他国家因种种利益矛盾难以调和，也都针对对方制定自己的军事战略，并根据军事战略加强本国的国防建设。直接为战争、军事和国防服务的军事科技，其发展战略和发展规模，自然也就要以各国的军事发展战略

和国防建设规模为转移。

第二节　当代军事科技与现代战争

第二次世界大战后，由于各种原因，爆发新的世界大战的危险性有所减小，局部战争却连绵不断，高技术局部战争已成为当今世界的主要战争样式。现代战争对军事科技特别是对军事高技术的需要，是现代军事科技存在和发展的直接动力和外部条件。

一、当前世界大战的危险性有所减小

战争，按规模大小和涉及的国家与领域，可分为世界性战争与局部战争两大类。战后五十多年来，世界性战争虽曾几次向人类逼进，但始终未能爆发，而且在今后一个相当长的时间内，爆发的危险性有所减小。这是因为：

第一，美苏军事对抗格局发生剧变，极大削弱了爆发世界大战的力量。战后，以美国为首的资本主义阵营和北约军事集团，同以苏联为首的社会主义阵营和华约军事集团对峙，爆发新的世界大战的可能性大一些。80 年代末 90 年代初，随着东欧剧变，苏联解体，华约解散，两极对抗体制也随之解体，冷战结束了，爆发世界大战的可能性减小了。

第二，制止战争的政治力量正在有力地制约着世界大战爆发。战后，社会主义力量在曲折道路上的顽强发展，民族解放运动在全世界的迅速发展，包括美国人民在内的世界人民民主反战运动的不断发展，汇成了一股强大的制止世界大战爆发的力量。

第三，“相互确保摧毁”的核均势使有能力发动世界大战的国家都力避爆发世界大战。二战结束后的冷战期间，有资格打世界大战的只有美苏两家。由于美苏自 70 年代开始达到核均势之后，双方便处于“相互确保摧毁”的“恐怖和平”之中，不管哪一方率先

发动核大战，都将面临与世界同归于尽的危险。因此，战后五十多年以来，美苏虽然处于战争的边缘，但由于核战的严重后果使得双方都不敢轻举妄动，最后一次又一次地从战争的边缘走开。

第四，世界经济一体化的发展制约着世界大战的爆发。当今世界经济一体化的发展趋势，使得国家间的关系越来越密切，世界正在朝着“你中有我，我中有你”的方向发展。在这种形势下发动世界大战，无异于自杀。

第五，现代战争的巨大消耗性制约着世界大战的爆发。现代战争消耗巨大，如果没有强大的经济实力作后盾，不要说打世界大战，就连打局部战争也难以承受。这使得有关国家在处理有可能酿成世界大战的冲突中谨慎从事。

此外，国际斗争中非暴力手段的作用上升，这也抑制了世界大战的爆发。

二、局部战争已成为当今世界上战争的基本类型

二战以来，爆发新的世界大战的危险性有所减小，但局部战争和地区武装冲突却连绵不断，并已演变为当今世界上战争的基本类型。据有关资料，战后已爆发的局部战争和地区性武装冲突约有 200 起，涉及到 40 多个国家和地区，卷入兵力 400 多万。

战争类型发生这种变化，是由世界经济、政治和军事等多种因素造成的。从经济上看，战后经济生活日益国际化，各国经济利益相互渗透和相互依赖的程度大大增加，对世界大战的爆发起着一定的制约作用；但帝国主义、霸权主义国家围绕着经济利益的争夺，仍然是战后不断爆发局部战争和地区性武装冲突的深刻根源。从政治上看，世界格局由两极向多极化的演变，和平力量超过战争力量的增长，美苏两极军事对抗的消失等，遏制了世界战争的爆发；但一些国家和地区的利益冲突和起伏不已的阶级、民族、宗教、边界矛盾等，又成了导致局部战争和地区性武装冲突的重要原因。从军事上看，国际军事格局的变化，军事力量对比基本均势的状

态，减少了世界大战特别是世界核大战爆发的可能性；新技术在常规武器装备中的应用，不仅使战争的规模有所控制，战争持续的时间有所缩短，而且使拥有现代化技术和武器装备的一方有可能在战争中所"得"大于所"失"，这对某些国家发动局部战争也有其诱惑力；战役、战术核武器的发展，特别是核武器的"精确化"、"小型化"和"干净化"，使有限度地使用核武器的有限核战争爆发的可能性增加了。

局部战争仍然是政治通过暴力手段的继续。当今的世界各国，都没有放松应付可能危及本国安全和根本利益的局部战争和武装冲突。

三、高技术局部战争已成为当今世界的主要战争样式

高技术局部战争，又称高技术条件下的局部战争，是指为达成有限的战略目的，使用高技术性能的武器装备及运用相应的作战方法，在一定区域内进行的有限规模的战争。20 世纪 90 年代初，一场令世人瞩目的海湾战争向人们显示，高技术局部战争已成为当今世界的主要战争样式。

高技术局部战争于 20 世纪 60 年代初见端倪，70—80 年代初步成型，90 年代基本成熟。由于伊拉克占领科威特而导致的海湾危机演变成的海湾战争，于 1991 年 1 月 17 日开始，至 1991 年 2 月 28 日结束。以美国为首的 30 个国家的军队组成的"多国部队"对伊拉克作战。战争以伊拉克惨败、多国部队胜利而告终。作为一次高技术局部战争，海湾战争的规模之大、影响之深、震动之烈，是空前的。其特征主要表现在：一是大量使用精确制导武器，包括导弹、制导炸弹、制导地雷等，极大地增强了打击效果。二是使用高性能侦察器材，提供及时、广泛而可靠的情报保障。三是使用电子战装备进行电子干扰和反干扰。四是使用新式作战平台，为充分发挥技术武器装备的作战效能提供可靠依托。五是使用先进的 C^3I 系统，保证及时而有效地指挥控制。六是使用了新型的夜视

器材，提高了在夜间和恶劣条件下执行任务的能力。

高技术局部战争的形成和发展，有着深刻的国际社会背景，并与20世纪40年代中期以后出现的新技术革命浪潮息息相关。80年代以来，东欧剧变，苏联解体，华约解散，北约组织机能相应调整，以美苏为两极的世界战略格局不复存在，世界正向多极化发展。由此而来，新的世界大战在近期内发生的可能性进一步减少，局部战争和地区性冲突成为人们关注的焦点。新的技术革命浪潮，不仅对人类社会的政治、经济、文化生活等方面产生了重要影响，而且对人类军事斗争的发展有着非常重要的作用。其突出表现是，在新技术浪潮冲击下涌现出的大量高技术在军事领域的广泛运用，使现代局部战争呈现出高技术化的趋势。20世纪70年代特别是80年代以来，各种类型的高技术武器大量涌现，使传统的战争正在发生革命性的变革，并呈现出许多新的特点，如：战争的技术含量迅速提高；战场空间不断扩大；参战力量要求精干；交战距离超越视距；作战样式形式各异；战争节奏明显加快。

四、现代战争对当代军事科技的影响

现代战争特别是高技术局部战争是高新技术迅速而广泛地应用于军事领域的结果，这种结果反过来又必将推动军事科技特别是军事高科技的更大发展。现代战争特别是高技术局部战争对军事科技的需求，是军事科技特别是军事高科技发展的强大动力。

第一，高技术局部战争的高技术性要求军事科技的发展必须具有战略性和制高性。现代战争特别是高技术局部战争的一个显著特点就是高技术性。在海湾战争中，多国部队首次投入使用的高技术武器装备达100多种。其先进的指挥控制系统和制导技术，使各种武器装备的效能充分发挥；高技术侦察装备为其提供了适时、可靠、准确的情报；强大的电子干扰和压制，使多国部队在电子战中处于极大的优势，掌握了战场主动权。战争实践证明，高技术武器装备具有极强的作战效能，在决定战争胜负中已成为重要

的制胜因素之一。既然高技术局部战争已成为当今世界的战争的主要样式,那么谁要想打赢未来的高技术局部战争,谁就必须高度重视军事科技特别是军事高科技的发展,把军事科技的发展置于战略地位,并努力争夺其制高点。在高技术局部战争初步成型的80年代,美、苏、西欧、日本等发达国家相继提出的开发空间的设想和计划就是一例。1983年美国站在战略高度率先提出"星球大战"计划,以谋求高技术的突破,争夺军事上的优势。该计划"有10%是战略理论问题,90%是尖端技术问题"。计划所列科学技术项目涉及到十分广泛的科技领域,如高能物理、天体物理、计算机科学技术、传感探测科学技术、通信技术、信息技术、定向能技术(激光技术、粒子束技术、微波技术)、雷达技术、新材料技术、航天技术、微电子技术等等。西欧以法国为首紧紧跟上,制订了"尤里卡"计划,1986年进入落实阶段。苏联也不甘示弱,公布了开发空间的计划。1986年苏共26大进一步确立把科学技术作为实现加速发展战略的主要杠杆。日本则制定了《人与新领域规划》和《人与地球科学计划》。掌握军事科技的制高点,已经成为各个国家所致力的目标。

第二,高技术局部战争规模的有限性,要求军事科技的发展必须具有适度可控性。高技术局部战争的特点之一是规模的有限性。这是由战争目的的有限性决定的。近期发生的局部战争,有的是为了解决两国或几个国家在某一地区的矛盾;有的是为了扩张势力,争夺某一些地区利益或霸权;有的是为惩罚、教训对方,使其听从自己指挥或不再损害己方安全,等等。高技术局部战争目的的有限性,决定了战争规模的有限性。交战双方都要充分考虑到对方的潜在力量和国际舆论,必须对战争的规模有一定控制。高技术局部战争规模的有限性,要求军事高科技的发展必须具有适度可控性。这里所讲的适度可控性,主要是军事高科技的发展要与高技术局部战争的需求相适应。具体而言,一是军事科技发

展的速度要与高技术局部战争的需求变化相适应，过快或过慢都不好；二是军事科技发展的规模要与高技术局部战争的需求量相适应，过大或过小都不行。当然，这并不是不要军事科技特别是军事高科技在有的方面的超前研究和发展。

第三，高技术局部战争作战样式的多样性，要求军事科技的发展必须具有较强的适应性。随着高技术武器装备的广泛使用，传统的作战样式正在发生变化。从近期高技术局部战争的实践看，作战样式呈现多样化的趋势。具体表现在：一是相对独立的陆、海、空作战转变为陆、海、空、天一体作战。交战双方的战场分布，从外层空间、高空、低空、超低空、地面、海面直至地下、水下，从近距离、中距离直至远距离，形成了陆、海、空、天紧密结合的立体作战。二是传统的机械武器作战为主逐步转变为以人工智能武器作战为主。随着高度自动化和人工智能为核心的新概念武器的研制与运用，高技术局部战争正在演变为大范围、远距离的"背靠背"式的智能型战争。高技术局部战争的智能化，不仅表现在武器的智能化方面，而且战争的组织、指挥、控制等方面也都智能化。三是空袭战、特种战、电磁战等新的作战样式不断出现。高技术局部战争作战样式日趋多样化，必然要求军事科技的发展具有较强的适应性。从60年代，特别是从海湾战争以来，包括中国在内的许多国家都在努力增强这种适应性。具体而言，一是根据某一时期可能爆发的高技术局部战争的样式、规模等，有针对性地调整和加强军事装备的研制；二是随着高技术局部战争的发展变化，及时调整军事科技发展的方向、规模和结构。

第四，高技术局部战争的高耗性，要求军事科技的发展必须走"军民结合、平战结合"的道路。高技术局部战争使用的武器装备技术含量高，造价也高。例如，现在先进的坦克平均每辆为300万美元；大多数实战用的飞机价格多在2000万美元以上，其中B-2隐形轰炸机价值8.5亿美元；"爱国者"导弹每枚为129万美元；一

艘航母则高达35亿美元。由于武器装备十分昂贵，现代战争必然是高投入的战争，战争中每损失一件武器装备，就将损耗巨额资金，现代局部战争的高耗性就特别突出。第四次中东战争历时18天便告结束，阿以双方耗资就各达50亿美元，约占其当年国民生产总值的50%。海湾战争仅43天，多国部队耗资达600亿美元，伊拉克损失超过2000亿美元，科威特损失600亿美元。由此可见，为适应高技术局部战争高耗性的特点，不仅要求平时有足够的军事技术储备，而且要求战时军事科技和军工生产具有及时补充消耗和快速修复能力。这给军事科技的发展提出了一个两难的问题：如果按战时需要来确定军事科技和军工生产的规模，和平时期则因需求量不大而造成资源的浪费；如果按平时军队武器装备量来确定军事科技和军工生产的规模，则因战时需求量迅速增长而一时无法满足，贻误战机。实践一再告诉人们，为适应高技术局部战争高耗性的需要，军事科技和军工生产必须走"军民结合、平战结合"的发展道路。军事科技与民用科技融为一体，平时，围绕经济建设中心多发展民用科技，军事科技也适当向民用科技转移；战时，以战争为中心多发展军事科技，并促进民用科技向军事科技转移，全力保障战争的需要。战后特别是高技术局部战争出现以来，美国、西欧、日本、中国乃至苏联解体后的俄罗斯，都在走这条发展道路。

第五，高技术局部战争参战人员素质的高智能性，要求军事科技被更多的人学习和掌握。高技术局部战争是高技术武器装备的对抗和拼博，而高技术武器装备都是靠人去掌握和使用的。高技术局部战争要求高性能的武器装备同高素质的人实行完美结合，否则，高技术武器装备的优越性便难以充分发挥。战争中，高技术武器装备必须由经过专门训练的具有专业知识和作战技能的军人才能掌握和使用。所以，高技术局部战争对参战人员素质的要求更高更严了。不仅对参战人员的个体素质要求是这样，对参战人

员的整体素质要求也是这样。因为,高技术局部战争是诸种高技术群综合作用的结果,各个分系统之间必须密切协同,紧密配合,才能充分发挥高技术兵器系统的作用,任何一环出了问题都会对某一局部甚至对整体造成难以弥补的损失。为适应高技术局部战争对参战人员素质高智能性的要求,许多国家的军队都越来越重视军人对科学技术的学习、掌握和运用。我国也不例外。“科技强军”已成为我们的实际行动。不仅军队的一般干部和战士在努力学习、掌握和运用科学技术,领导干部乃至高级领导干部也在这样努力。军委江泽民主席多次号召:“全军各级领导干部首先是高级干部,要带头学习科学技术,力求掌握更多的现代科技知识,使自己真正成为一个合格的现代化军队的指挥员。”尽快落实这一指示,迅速提高我军各级领导干部特别是高级干部掌握现代科学技术知识和理论的水平,必将增强他们对现代高技术战争的驾驭能力。

第三节　当代军事科技与新技术革命

20 世纪 40 年代中期以来,一场新的技术革命在世界上兴起和发展。这场新的技术革命,不仅对科学技术的发展,而且对社会各个方面,都已产生并将继续产生重大而深远的影响。新技术革命对当代军事科技发展的影响是十分巨大的。

一、新技术革命的兴起和发展

所谓技术革命,是指技术自身发展出现了重大突破,并导致人们改造自然能力的飞跃。当前正在世界范围内蓬勃发展的技术革命,是在 20 世纪 40 年代中期开始的。1942 年建成了第一座核反应堆,1945 年爆炸了第一颗原子弹,1955 年建成了第一个商用的核电站。从此,开始了人类利用原子能的时代。人类历史上所利

用的能源，除了人力畜力之外，就是自然能，如太阳能、风能、水力资源，再就是利用各种各样的天然有机化合物，如煤炭、石油、天然气、柴木、秸杆等。自从利用原子能的时代开始后，人类掌握了崭新的能源即原子核结构内部蕴藏的能量。1946 年，宣布了第一台电子计算机的诞生。电子计算机这种新的"机器"同历史上出现的所有的机械有一个本质区别，即过去所有的机械都是代替人类的体力劳动，而新的"机器"——电子计算机，则是代替人类的部分脑力劳动。1947 年出现了第一批半导体晶体管，1959 年出现了集成电路，它使得电子器件发生了根本变化，并促进了微电子技术的发展。1957 年第一颗人造卫星上天，这标志着人类的活动开始越出地球的限制，进入了宇宙空间。这一系列技术上的重大突破，标志着技术的发展出现了质的飞跃。

到了 20 世纪 70 年代以后，这场新技术革命进入了一个新的发展阶段。最主要的标志是两个突破：一是微电子技术的突破。1971 年出现了大规模集成电路与微处理器。这以后集成电路迅速发展，集成度越来越高。到 80 年代中期，有的国家已经研制成超大规模集成电路，在一个小手指甲那么大的芯片上可容纳 100 万个晶体管。集成电路已广泛占领了电子工业的元件市场。电子计算机之所以能这样广泛普及，深刻地影响经济、社会的各个方面，这是和微电子技术的发展与突破分不开的。二是生物技术的突破。其中最突出的是基因工程。1973 年，人类第一次实现了对遗传物质——基因剪接和重组，也就是把不同的生物体基因取出来，按照人们所需要的遗传性状，加以剪接和重新组合，再移植到一个生物体中，使它获得特定的遗传性状。人类历来是利用自然界生物体客观具有的遗传性状，现在则有可能人工定向地组建有特定遗传性状的生物体，这是人类改造世界的一个质的飞跃。从 1973 年开始，基因工程发展很快，并开始实用化，到 80 年代虽然尚未发展成为一个新的产业，但一旦兴起，其影响极其深远。除这

两个突破外，在新材料、海洋工程、宇航工程、通信技术等方面也都有新的重要进展。

到20世纪90年代，科学技术领域发展的重点集中到了材料、机械制造、信息和通信、生物技术、航空和运输、能源和环境等6个方面。在材料技术方面，出现了新的材料制作工艺和一大批新材料。如高分子材料；特种陶瓷；高强高温结构陶瓷；电工电子功能陶瓷或复合陶瓷；特种功能材料（半导体、激光、红外、高温超导、电子、磁性、液晶、换能、传感材料）；结构材料；极限材料等等。在制造技术方面，出现了柔性计算机制造、微型计算机制造、智能加工、制造系统管理等技术。制造技术的智能化提高了制造业的效率和制件的质量。微型机械制造则开拓了新的制品领域，比苍蝇还小的机器人、机器昆虫已不是幻想。在信息、通信技术方面，主要有：先进的软件技术；微电子和电子技术；高性能计算和网络技术；高清晰度成象和显示技术（包括高性能电视）；传感机和信号处理；数据存贮和外部设备；计算机仿真和建模技术（即模型）等等。在生物技术方面，重点是遗传基因重组，细胞工程，组织培养，蛋白质工程等。生物技术是目前世界上最活跃、最令人鼓舞的科学前沿。在航空、运输技术方面，重点是研制超高速的陆海空运输工具、智能运输工具及有关的先进技术，包括先进的推进器、航空材料、航空电子设备、人体因素工程、智能车辆等。在能源与环境技术方面，重点是开发再生能源（太阳能、风力发电以及新一代的高效核反应堆），发展保护环境的先进技术。

二、新技术革命的特点

20世纪40年代中期以来兴起的新技术革命，与以前的技术革命相比，有以下几个显著特点：

第一，以雄厚的自然科学理论研究为基础。技术，一方面来自实践经验的总结，另一方面从科学原理转化而来。在科学还不怎

么发达的时候，技术多来自实践经验的总结。例如著名的发明家爱迪生，他的发明就主要来自实践经验的总结。瓦特发明蒸汽机，也是总结生产实践经验的结果；作为蒸汽机理论基础的热力学第二定律，是在蒸汽机发明以后才发现的。而20世纪40年代中期以来兴起的技术革命，一开始就是建立在牢固的基础理论之上的。20世纪初提出的相对论，20年代的量子力学，30年代和40年代的原子结构和基本粒子理论，50年代的生物分子学等等，这些基础科学方面的重大突破，为计算机技术和微电子技术、生物技术、信息技术等等新兴技术的诞生，奠定了牢靠的理论基础。或者说，如果没有上述基础科学方面的重大突破，也就不可能出现这些新兴技术。

第二，出现的新技术不是单一的技术，而是技术群。18世纪出现的纺织机、蒸汽机以及后来出现的电机等，虽然也带动了其他技术和产业的发展，但它们出现时，都是单一的。当时，资本主义生产关系的建立，大工业的发展，为技术的发展创造了重要的社会条件。但是，就自然科学理论研究来说，当时的水平、基础与当代是无法相比的。而当代经济、社会的发展，对于科学技术的需求不管是从广度还是从深度来说，都比以前有了很大的发展。正是在这样的背景下，这次新技术革命中出现的新技术不是单一的，也不只是两项三项，而是一个新兴的技术群。在这个新兴的技术群中，对经济、社会和军队、国防建设影响最大的是信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、空间技术、海洋开发技术和航天技术等。这些新技术相互促进、相互渗透，构成了改造客观世界的强大的生产力和战斗力。

第三，在新兴的技术群中知识和技术呈密集形态。以往的技术革命出现的新技术比较单一，知识也谈不上密集。这次新技术革命出现的是技术群，知识和技术呈密集形态。例如，美国加州附近生产硅片的“硅谷”，这个地方聚集了大量的科学技术人才。美

国11家大公司都在这里设有实验室和工厂。美国著名的斯坦福大学、加州大学伯克利分校大批教学人员、科研人员和实验机构都集中在这个地方。学校的科研人员、工厂的科研人员和其他研究单位的科研人员结合在一起进行活动。这个地方的工程技术人员比具体从事生产活动的人要多得多。“白领”工人大大多于“蓝领”工人。这个地方生产的半导体,20世纪80年代中期就占了全世界总产量的五分之一。

第四,新技术转化为产品和形成产业的周期大大缩短。技术转化为产品并形成产业有一个周期。例如,要把生物技术转化成一个可供人们使用的产品,中间要经过许多环节,经历一个周期。而周期的长短,一般来说要取决于技术本身的成熟程度、社会的需求状况和转化所必需的社会物质条件。以往,一项技术出现到转化为一个产品,往往需要几十年甚至更长的时间。而随着科技和社会的进步,转化的周期大大缩短了,其中有一些技术一开发出来后,很快就转化为产品,形成产业。

第五,这次新技术革命发展迅速,影响深广。在过去,一种重大的新技术出现后,往往需要几十年甚至更长的时间才能出现另一种重大的新技术。而在当代,新的重大技术却是一个接着一个地出现。例如,1942年出现了第一个原子能反应堆,1946年出现了电子计算机,1947年出现了半导体晶体管,1957年人造地球卫星上天,1959年出现集成电路,1960年诞生激光,1973年实现了遗传基因的剪接和重组,随后出现新技术群和新产业群。就电子计算机来说,从问世到现在已是第五代了。可见,新技术革命发展何等迅速。新技术革命在影响的深度和广度上,也大大超过了以前。其影响所及不仅仅是物质生产领域,而且有精神生产领域;不仅仅是各国的经济发展战略,而且有各国的政治发展战略、军事发展战略;并且广泛深入影响到每个家庭,改变着人们的传统生活方式。

三、新技术革命对当代军事科技的影响

新技术革命对军事科技的影响是广泛而深远的，主要表现在：

一是新技术革命提高了军事科技在军队、国防现代化中的地位。新技术革命促成了许多科学发现和技术发明。科学发现和技术发明的划时代成果应用于军事，能够极大地提高军事效能，形成巨大的战斗力。例如一枚小型核导弹的破坏力就已达到第二次世界大战时1000多架飞机的轰炸效果；现代的先进坦克的机动性和火力，比第二次世界大战时提高了10倍；现代的军舰和飞机数，只要有第二次世界大战时的十分之一，就能投送相同吨位的炸药；今天的精确制导武器，比非制导武器的精度提高了10—100倍，破坏率大，命中率高；今天的一些常规武器的威力，已接近于小型核武器的水平。随着科学技术从科研到实际应用于军事的周期不断缩短，武器和装备的更新速度也越来越快。例如，美国的战斗机每隔10年就更新一代，洲际导弹更新得更快。新的军事科学技术向军事领域渗透，使军事人员结构发生巨大变化。军队中直接参战人员相对减少，从事管理、研制和维修的科技人员迅速增加。由于兵种的专业化和新兵种的不断出现，科学技术人员更是大量增加。新兵种如导弹部队、电子对抗部队、激光部队、核威慑部队、生物技术部队、机器人部队的出现，已经不只是科学家参加研制新武器和装备，而是需要由专业科学家直接担任这些部队的技术主管，指挥员和战斗员甚至就是专业科技人员。所有这些，说明科学技术特别是新的科学技术及其在军事领域的应用何等重要，各国在军队和国防的现代化建设中，必须把科学技术特别是军事科学技术放到非常重要的位置。

二是新技术革命将军事领域应用科学技术的水平推进到了一个新时代。正在兴起和蓬勃发展的新技术革命，不仅在经济领域，而且在军事领域也引起了掌握和应用新的科学技术的竞争，从而把军事领域应用科学技术的水平推进到了一个新时代。当前已经

有一系列新技术在军事上的应用进入了新阶段，如核武器、远程运输工具、精确制导技术、卫星通信、卫星侦察、电子对抗技术等，并已形成了可靠的系统。可以说，当今的时代，是科学技术高度发展的时代，又是新的科学技术在军事领域广泛应用的时代。

三是新技术革命引起了许多国家争夺现代军事科技"制高点"的斗争。随着新技术革命的深入开展，各国为了争夺武器的优势，军事科学技术人员都在努力开辟新技术、高技术，在世界范围内呈现出又联合又斗争的格局。

现代军事科学技术争夺的"制高点"主要是：

第一，微电子技术。美国国防部曾有一位部长讲过：电子技术在所有技术中是最关键的，至少在今后几十年内电子优势是美国及盟国取得威慑力量的来源。美国微电子技术一直领先。20 世纪 70 年代起，日本把微电子技术放到优先发展的地位，特别把超大规模集成电路作为这一战略的核心。西欧不甘落后，也在一些分支领域赶了上来。面对日本、西欧的挑战，美国正在发展与军事有关的超大规模集成电路。美国 TRW 公司声称，它已在实验室制成了含有 3500 万个晶体管的芯片（目前集成度最高的芯片只有 100 万个晶体管）。这种超级集成电路将应用在坦克、潜艇、飞机与战略战术导弹上，能及时处理各种传感器传来的大量信息，捕捉瞬息万变的战机。

第二，电子计算机。这是新技术竞争最激烈的领域。美国的巨型计算机长期独占鳌头，这种计算机是进行核能源利用、受控核聚变、空间开发、资源探查等高技术领域的有力工具。日本向美国挑战、制定了雄心勃勃的第五代电子计算机与每秒运算 100 亿次以上巨型计算机的研制计划。为对付日本，美国采取了一系列对策。首先建立联合研究开发体制，成立了由 12 家美国大公司联合组成的"微电子设备和计算机公司"，美国国防部也已制定出开发下一代巨型机的计划。与此同时，西欧和苏联（现在是俄罗斯）也

开始实行自己的第五代电子计算机计划。

第三，人工智能技术。作为人工智能系统核心的"智能"计算机，20 世纪 90 年代初进入实用阶段。这种技术将广泛应用于军事领域，最主要的应用可能是信息管理系统，智能计算机与 C^3I（指挥、控制、通信和情报）系统相结合，进行敌我情况对比，自动提出建议，做出最佳决策，进行指挥、控制、通信，解决战略战术筹划、后勤供应和管理等方面日趋复杂的问题。人工智能技术的发展，还将导致军用智能机器人和智能武器的出现，在军队里组成一支具有各种功能的的"机器人一铁军"，使陆军面貌发生很大变化。智能武器是会"有意识地"寻找、识别并摧毁目标的武器。美国研制的智能无人坦克，能行驶 80 英里，在时速 40 英里的情况下可区分道路，克服天然或人工障碍物，能自动识别目标，绘制地形图，分析所获情报并及时发回指挥所。正在研制的还有自动化飞机"副驾驶员"和智能导弹。

第四，航天技术。航天技术的发展，将进一步提高军事侦察、监视、通信、导航和指挥能力；加速空间进攻武器发展；促进航天系统生存能力的提高；还孕育着一代新武器。比如未来航天技术与定向能技术相结合，就可能产生一代新武器。它们以地面为基础，以天上的反射镜引导波来攻击目标，或者以航天站为基地，设置于不同的轨道，在需要时可攻击天上的卫星、导弹和空中的飞机、海上的舰船和陆上的指挥所、车辆等。伴随着这种新武器而来的，将是载人军事航天活动的迅速发展，各类军事人员可在太空上从事后勤补给、维修保养、侦察监视、组织指挥等。总之，航天技术的发展必将对未来的军事活动产生深远影响。美、俄两国都认为，"控制空间是取得战争胜利的一个必要条件"，因此非常重视在发展航天技术方面争夺"制高点"。

第五，定向能技术。它包括强激光、高能粒子束、强微波技术。采用定向能技术的武器有很多优点，如能在很短的时间里以光速

或近光速的射速，把高度集中的射速能量直接射到目标上；而且只对目标本身造成破坏，不像核武器那样造成大范围破坏。目前研制的战略防御用的定向能武器，主要用于反导弹和反卫星。苏联在 1980 年拥有的陆基激光武器系统，可摧毁低轨道卫星；还研制了一种载人卫星系统，并在载人空间飞行中试验先进的跟踪技术。美国在研制高能、高效、体积小、光束质量好的高能激光武器方面取得了较大进展，试验中已击落了飞机，战术导弹和炮弹等。激光武器一旦武装部队，可用于战术防空、反坦克、光电对抗、战略反导弹、反卫星、反一切航天器。

第六，光导纤维技术。目前用于作战指挥领域的主要是光纤通信，它具有通信容量大、中继距离长、保密性能好、抗干扰力强、节省稀有金属和体积小、便于架设等显著优点。光纤通信是利用激光传输信息的一种崭新手段，它打破了电通信的一统天下，为军队作战指挥增添了新的保障手段。美、日等国家都制定了发展光纤通信技术的规划。

第七，新型材料技术。发展新型材料的重点，是复合材料、高温材料和功能材料。目前研制超导材料是新型材料技术争夺的一个重要领域。超导材料可以制造击落洲际导弹的磁轨炮，使储存着的强大电流在一瞬间放出，产生的巨大电磁脉冲电流能击落飞行中的洲际导弹；它可以用来制造高速军用电子计算机，这是现代作战自动化指挥、信息处理的关键技术；它可以用来确定敌人导弹、卫星的位置，将其击毁。目前，美、俄、日、中等国正在围绕超导材料技术展开争夺。

第八，生物工程技术。美国花了约 1 亿美元投资，正在研制以经过遗传工程控制成的病毒和细菌为基础的新一代生物化学武器。而英国、俄国对于生物工程技术也十分感兴趣，尤其重视其在军事方面的开发利用。

第九，海洋工程技术。在军事高技术竞争中，海洋已成为争夺

激烈的又一领域。有人认为，到 20 世纪末，人类将进入海洋经济时代，海洋将成为世界军事竞争的主要对象。除发展以航空母舰为核心的各种水上武器系统外，还将继续发展以潜艇组成的水下武器系统。随着海洋工程、新材料等技术的发展，海底可能成为建造巨大军事基地的理想场所，新式潜艇可能成为最有前途的海战手段。美国核弹头的 70% 以上配置在核潜艇上，俄国则紧跟美国其后。

第十，隐形技术。它研究如何系统地利用各种不同的技术手段来降低物体的“可见性”，所以又叫“隐身”技术。这种技术首先在军事上应用，给伪装技术增添了一支生力军，使伪装开始由第一代(防御型)向第二代(进攻型)转变，大大提高了某些技术兵种的突防能力、生存能力和作战能力，对作战产生了很大的影响，越来越受到人们的重视。例如，现代化的隐形侦察战斗机，装备有最新的空地导弹和电子侦察器材，能压制对方防空火力；能在对方严密设防的空域进行战略、战术侦察。其雷达反射截面积和红外痕迹减至很低程度，除目视追踪外，很难被其他仪器捕捉。正因为如此，美国、德国、英国等国家在竞相发展隐形技术。

第十三章　常规武器制备技术的新发展

常规武器指不包括核武器的其他武器，主要有枪械、火炮、坦克、军用飞机、舰艇等等。第二次世界大战以后，由于冶金技术、制造技术、电子技术和自动化技术的发展，常规武器的制备技术得到了新的发展。

第一节　陆军武器装备的新发展

第二次世界大战以后，陆军常规武器的发展主要表现在：步兵轻武器出现了通用化、小口径化和枪族化趋向；火炮的射速、射程、机动性能和自动化程度都有了提高，弹药出现了多样化；坦克从第一代到第三代，经过三代的发展技术性能全面提高，并出现了谱型化。

一、步兵轻武器的通用化与技术改进

第二次世界大战结束时，各国军队的轻武器装备普遍存在口径不一、弹种复杂、枪种过多的现象，给作战、训练、后勤供应和维修等方面带来诸多困难。针对这种情况，战后各国不约而同地把弹药通用化和武器一体化作为轻武器研究和发展的方向。50 年代以后，首先实现了弹药通用化。所谓弹药通用化，就是将各种口径不一的步枪枪弹加以统一，采用同一种枪弹。其时，由于存在两大对立的军事集团，因而弹药通用化是分别在两大军事集团内部进行的。1953 年 12 月，北约组织正式决定将 65 式 7.62 毫米枪弹作为北约各国军队的制式枪弹。该弹是无底缘瓶颈弹，弹头呈船尾形，全重 24.26 克，全长 71.1 毫米，弹头重 9.3 克，装 3.01 克

球形药，采用博赛式底火，多数国家采用铜壳，少数采用钢壳，初速838米/秒，最大膛压3050公斤/厘米^2。生产北约弹的国家共有37个，它是世界上大量使用的三大步枪弹之一。而苏联则在1943年研制出了一种介于一般手枪枪弹和大威力步枪枪弹之间的中间型枪弹，即M43式7.62×39毫米枪弹，并在后来将它作为华约的通用型枪弹。该弹也是无底缘瓶颈枪弹，钢心弹头，尾锥形，全重16.4克，全长55.4毫米，弹头重7.9克，装1.6克火药，绝大部分是钢壳，初速716米/秒，最大膛压2800公斤/厘米^2。生产华约弹的国家共有20个，它也是世界上广泛采用和生产的枪弹之一。除两大军事集团外，世界上众多国家也采用了这两种枪弹。弹药的通用化为50年代世界范围内的轻武器大换型提供了前提。

世界范围内的轻武器大换装有两个显著特点，一是普遍列装自动步枪。1951年，苏联用自己研制的AK47式7.62毫米突击步枪取代原来的半自动步枪和冲锋枪列装部队。该枪是导气式，回转枪机闭锁方式，结构简单，性能可靠，故障较少。1957年，苏联又完成了对AK47步枪的改进，大量生产了AKM式7.62毫米步枪。该枪的改进之处是采用冲压式机匣取代原来的锻造机匣，重量减轻，护木设计更加合理，机匣盖有加强筋，装有枪口补偿器、减速器等。AK式武器得到了广泛使用，是世界上产量最大的步枪。美国于1957年定型生产M14式7.62毫米自动步枪用以装备部队。该枪是导气式，回转枪机闭锁方式，独到之处是采用活塞闭气膨胀方式。这种自动方式使火药气体作用平衡，有利于提高射击精度，活动机件后坐速度小，可降低射速，零件磨损可减小。但M14后坐力大，连发精度差，机动性不好，因而于1964年停产撤装。此外，其他的西方国家这一时期也普遍研制并换装了新枪。影响较大的自动步枪有比利时的FNFAL和联邦德国的G3。比利时的FNFAL式7.62毫米自动步枪是导气式，枪机起落闭锁方式，采用20发弹匣，可以选择火力，固定枪托，约被70多个国家采

用。联邦德国的G3式7.62毫米自动步枪于1959年定型,采用半自由枪机,滚柱闭锁方式,为49个国家采用。二是普遍采用通用机枪。早在第二次世界大战中,德国就率先采用了通用机枪。50年代各国开始换装时,也普遍采用了通用机枪。通用机枪枪身附有两脚架,可作轻机枪用,装在三脚架上可作重机枪用。著名的通用机枪有美国的M60、比利时的MAC、联邦德国的MC3和苏联的ПК/ПКМ。美国的M60机枪1957年定型,1958年开始装备美军。M60机枪采用闭气膨胀导气式,枪机回转闭锁方式,弹膛部位有司太里衬套,枪管可更换。比利时的MAG机枪是导气式枪,为20多个国家采用。联邦德国的MG3是枪管短后坐式,采用滚柱闭锁方式,为若干国家采用。苏联的ПК/ПКМ机枪采用导气式、枪机回转闭锁方式,于50年代末期研制成功,1959年开始装备部队,并为前华约国家采用。

枪械小口径化是战后步兵轻武器技术改进的一个重要方面。经过对实战中步枪开火距离的大量统计研究,人们认识到步枪的有效射程可以缩短到400米以内。这意味着可以适当降低威力,以便提高连发精度和机动性,增加携弹量,提高步兵持续作战能力。由此,人们开始了枪械小口径化的尝试。在M14于1957年被定为美国制式步枪的同时,美国陆军确定了发展高初速小口径军用步枪的计划。稍后,斯托纳将美国生产的AR10式7.62毫米自动步枪缩小口径,改为试发5.56毫米雷明顿枪弹的小口径自动步枪,取名为AR15,并在美军中试用。雷明顿枪弹原是民用枪弹,后被改进为M193式5.56毫米枪弹。该弹初速高,翻滚早,能在射入人体后产生爆炸,是一种近距离杀伤力很大的枪弹。1963年,美军将AR15定名为M16,并在越南战场上大量使用。1967年,M16改型为M16A1,成为美陆军制式武器。M16A1是一种尺寸紧凑、全重较轻、结构简单、后坐力小、连发精度较好的武器。其自动方式是导气管式,采用回转枪机闭锁方式。它的复进簧装在

枪托里，减小了机匣尺寸。后坐时，枪机后部跑到枪托中的套筒里，因此枪托是水平的。它在机构安排上做到了一物多用，制作材料上大量采用了轻合金和塑料。继美国装备了 M16A1 后，世界上有十几个国家加以采用。70 年代以后，许多国家致力于发展小口径枪械，进展很快，形成了一股小口径热。苏联于 1974 年定型了口径为 5.45 毫米的 AK74 自动步枪和 PПK74 轻机枪。1980 年 10 月，北约选定 5.56 毫米为枪械的第二标准口径。其后，小口径枪械的研制势头不减，各个国家研制的小口径枪械的口径从 3.25—6 毫米不等。可以认为，枪械的小口径化是陆军武器装备发展的一个新方向。

20 世纪 50 年代的弹药通用化以及旨在减少弹种、一枪多用的轻武器大换装，为枪族化奠定了基础。所谓枪族化就是采用相同的原理，基本部件通用的一组具有不同战术职能的枪械。欧美一些国家在 50 年代先后研制了一些枪族，但发展不快。50 年代末，苏联军队装备了发射中间弹型的，以 AKM 自动枪和 PПK 轻机枪组成的班用枪族。随着步枪小口径化历程的开始，60 年代以后，美、苏、德等国加快了枪族化的进程，枪族的发展出现了高潮。国际上实现枪族化的方式大致有两种：一种是组合式枪族，又叫积木式枪族，它以一些基本部件为基础，然后换用不同的枪管、枪托或其他部件组合成不同的枪。驰名遐迩的斯托纳枪族就是组合式枪族，它以枪匣、枪机、活塞、复进簧、击发和发射机构为基本通用部件，换以不同的枪管组件，供弹机件、枪托、瞄准具等 16 种专用或部分共用的部件，就可以组成各种类型的枪。另一种是步机合一方式或步冲合一方式，它以步枪为基础，若采用重枪管、两脚架作为轻机枪，就叫步机合一；若采用短枪管、折叠枪托作为冲锋枪，就叫步冲合一。以步枪为基础，实现步枪/冲锋枪和步枪/冲锋枪/轻机枪合一，是大多数国家在发展枪族过程中普遍采用的一种方法。比较成功的班用枪族都以突击步枪为基础，加长枪管，装上两

脚架即成单兵步枪;缩短枪管,加折叠枪托,即成短突击步枪。比较有名的枪族有英国的 L85A1 枪族,法国的 FA 玛斯枪族,奥地利的 AUG 枪族,苏联的 AK74 枪族等。中国也研制了 7.62 毫米 81 式枪族。

二、火炮技术的发展

第二次世界大战结束以后，特别是 60 至 70 年代以来，火炮技术主要在以下几个方面有了发展：一是射程普遍增大，能打击敌纵深目标。为了适应现代战争大纵深的特点，现代各级炮兵武器的射程都普遍增大，比二战期间普遍提高一倍以上。现代火炮增大射程，主要通过增大初速、外弹道加速和改进弹道系数这三种途径。由于采用了高能发射药、多装发射药和提高膛压，初速得到了很大的提高；通过炮弹外形设计，使用各种低阻力弹、次口径弹，减小了阻力系数，增大了弹丸横断面负载，从而改进了弹道系数；由于使用了冲压式喷气弹、火箭增程弹，实现了外弹道加速，进一步增大了射程。二是弹药品种多样化，一炮多用，能打坦克。为了适应现代战争战场上各种机动目标不断增多以及目标性质不断变化和分散的特点，现代炮兵武器配用的弹药品种呈现多样化，使炮兵武器的威力不断增大，实现了一炮多用，不仅能完成一般火力压制和支援任务，而且还能打坦克和完成多种战斗任务。在炮兵武器中，榴弹炮配用的弹药品种最多，除配用普通榴弹、烟幕弹和照明弹外，有的榴弹炮还配用远程全膛榴弹或远程全膛底部喷气弹。为了提高杀伤能力和命中率，还研制配用了反坦克子母弹、布雷弹以及激光末端制导炮弹。美 M198 式火炮配用的弹药就有近 20 种，苏 122 和 152 榴弹炮也配有 10 多种炮弹，在全部弹药中，反坦克弹药占 10%左右。三是射速提高，火力密度普遍增大，能环射。为了能在现代战场上更好地发挥火力奇袭的作用，现代身管火炮均具有较高的射速，榴弹炮中快的每分钟达 15 发，因而火力密度普遍增大。现代火炮还强调

急速射击，瑞典的 FH－77 式 155 毫米榴弹炮能在头 8 秒钟内急速发射 3 发炮弹。提高射速的最基本的方法是实现火炮操作自动化和机械化，即装填、发射、开闩及关闩等动作自动化或装填机械化，其主要技术是广泛采用自动或半自动装弹机，改进火炮闭锁和瞄准系统，应用可燃药筒节省退壳时间以及前冲原理的运用。现代 105 牵引和自行式火炮以及全部 155 自行火炮均能进行 360 度环射。四是强调自行化，机动性好，自行和牵引并举。现代炮兵武器均具有良好的机动性，特别是榴弹炮强调自行化，各国大力发展自行榴弹炮，大部分采用中型坦克底盘。由于自行火炮的成本较高，一般为牵引火炮的 2—3 倍，因此牵引火炮仍然受到重视。为了提高牵引火炮的机动性，大多数 155 新式牵引火炮均装有辅助推进装置，使牵引火炮不用牵引车也能短距离自行。为了减轻自重，进一步提高火炮的机动性，还大量采用了铝合金和优质钢，如美 M198 的大架、上架、底盘等部件均用铝合金制成，瑞典的 FH－70 的炮架采用 FV520 型优质抗蚀钢。五是射击指挥自动化，反应快。现代炮兵武器正在发展成为一种从搜索目标、计算射击诸元直到进行射击的综合的完整系统。各国普遍装备了以计算机为中心的先进的射击指挥系统，这种系统除计算机外，还包括激光测距机、侦察雷达、初速测定雷达、测地器材和气象探测器等辅助器材，因而能迅速发现目标、精确地计算射击诸元，即时地召唤火力和进行射击，实现了射击指挥自动化，大大提高了火炮的快速反应能力。

火炮性能的提高，对炮身提出了更高的要求。为了满足火炮性能提高的需要，提高炮身寿命，许多国家采用电渣重溶等精炼工艺，以提高炮身钢的机械性能和抗热裂纹能力。自紧技术、镀铬技术的采用，提高了炮身的有效强度和抗疲劳性能，使用高能量低烧蚀发射药或新型缓蚀添加剂，也减轻了炮膛烧蚀，延长了炮身寿命。

三、二战后坦克采用的新技术

由于坦克在第二次世界大战中有突出作用，战后各国纷纷对原有的坦克进行了大量改进，并研制出一些新的坦克。从 50 年代至 70 年代，坦克技术不断发展，坦克性能不断提高，共经历了三代。

50 年代出现了第一代坦克。第一代坦克的技术特点：一是重视火力的提高。一方面由于更多考虑的是用更强大的火力压住对方，另一方面是由于提高机动和防护能力比提高火力更为困难。这时提高火力采用的主要技术是增大火炮口径；采用火炮双向稳定器和红外夜瞄器材，机械式模拟弹道计算机，改善火控装置，提高射速和命中精度；弹种不断增加，除脱壳穿甲弹外，空心装药破甲弹和粘头碎甲弹也逐渐推广。二是重视动力装置性能的改善，增大发动机功率，这一时期，部分坦克采用了柴油机，功率普遍达到 500—700 马力。三是注意改善坦克外形，以提高坦克的防护力。有的坦克(如苏制 T－55 坦克)还安装了防原子装置和制式潜度表。

60 年代出现了第二代坦克。第二代坦克的技术特点：一是坦克战斗车辆型谱的发展。在研制第二代坦克的初始阶段，人们仍然认为，不同的军事目的需要不同的坦克，不少国家的设计思想是分别研制轻型、中型、重型坦克。但在研制过程中发现，采用 120 毫米袋装药高速火炮，既可以击毁中型坦克目标，也可以击毁重型坦克目标，只需要在对付中型坦克目标时用动能弹或碎甲弹，对付重型坦克目标时用碎甲弹，从而形成了主战坦克的概念，研制主战坦克是主要的努力目标。这种坦克的设计思想一直影响至今。二是寻找新的设计途径。瑞典的“S”坦克，取消了通常的旋转炮塔，将火炮固定安装在车体上，依靠车体的转向实现火炮的方向瞄准，依靠可调节的液气悬挂装置改变车体俯仰角度实现火炮的俯仰瞄准。由于“S”坦克取消了炮塔，便于安装自动装弹机，减少了一名

乘员，这些都大大减轻了车辆重量，有利于提高机动性。由于车辆高度低于传统的炮塔式坦克的高度，并可用缩小车底距地高的方法进一步减少自身暴露高度，因此在敌火力下被命中的几率比传统坦克减少40%左右。此外，该坦克还将动力、传动装置前置，燃油箱布置在车辆叶子板上部，弹药置于车辆的下部，从而提高了战场的存活率。"S"坦克的主要缺点是火炮无法进行行进间的瞄准、射击（除非目标在行驶的正前方），也难以迅速转移火力，其最大方向瞄准速度通常只能达到每秒9度，而一般炮塔坦克约在每秒16度以上。三是主要部件技术的发展。在火力方面，研制了新的坦克炮，应用新型炮弹，提高火控系统性能及改进观、瞄指挥控制能力。身管采用了自紧工艺，可以承受更高的膛压，火炮的威力显著提高；滑膛炮技术应用到坦克上，使得坦克炮能够使用弹芯与弹径比高的炮弹，炮弹飞行更加稳定，使得穿甲威力明显提高，并且，滑膛炮还有利于提高初速，减轻射管磨损，便于加工等优点；火控系统有了明显的提高，其中主要表现在普遍采用了光学测距仪，弹道计算机和武器双向稳定器等，使得射击精度大为提高，并有效地解决了行进间射击问题。在机动性方面，第二代坦克机动技术的发展，集中表现在动力装置、自动传动装置、液气悬挂装置、潜渡和导向设备等方面。在动力装置上，普遍采用了柴油和多种燃料发动机并在发动机上采用了增压技术，提高了发动机的输出功率和坦克的最大行程；在传动装置技术上，出现了带闭锁离合器的液力变矩器和静液转向装置，使得坦克的传动效率、加速性、转向能力都有了很大的提高；液气悬挂装置以液体和压缩气体作弹性介质，在悬挂特性参数上可获得其它悬挂不可比拟的优点，可使车辆越野行驶时更加平稳。

70年代出现了第三代坦克。70年代以来，坦克的性能有了全面的提高，主要表现在以下几个方面：一是火力更强，射击反应快，首发命中率高，可以行进射击。滑膛炮已经普遍使用，坦克炮的制

备材料上采用了电渣镕钢制炮管，并采用身管自紧和膛内表面镀铬工艺，提高了炮管强度和抗疲劳性能，从而可增大膛压、炮弹的初速与直射距离，同时也延长了炮管寿命；现代坦克火控系统包括弹道计算机、激光测距机、各种与弹道有关的参数传感器、观瞄设备、火炮双向稳定装置、电气或液压操纵系统和控制与显示装置等，由于有了这样先进的火控系统，不仅提高了射击反应速度，而且全面实现了行进间的射击。二是生存能力在新的条件下有了全面的提高。70 年代以来装备的新坦克，除了尽可能改善防弹外形，降低车高，加大前装甲倾角之外，还普遍采用了复合结构的装甲，为加强对侧面和履带的保护还附加了侧裙板。为进一步提高乘员的生存能力，有的还采取了以下的一些措施：车内布置隔舱化；采用不易着火的油料或防弹油箱；安装自动灭火装置；乘员穿特制的坦克服和防弹背心，戴防弹头盔；配置完善的三防系统；车体内壁附加特制的塑料或橡胶内衬；坦克车体的隐蔽、隐身技术等。三是发动机功率大，机动性能好。现代坦克发动机的功率高达 1500 马力，与第一代坦克相比，功率几乎增大一倍。由于采用高增压大功率发动机、带机械闭锁的液力自动传动装置以及改进的悬挂装置和灵便的操纵机构，使坦克机动性大为提高，其加速性能，从 0 加速到 32 公里/小时，只需 6 秒多，最大速度由 45 公里/小时提高到 72 公里/小时，越野速度由 20—25 公里/小时提高到 48—55 公里/小时，驾驶坦克象驾驶汽车一样灵便而平稳。四是夜战能力强。战后 40 年来，随着夜视技术的发展，坦克的夜战能力也逐步提高。50 年代，只采用主动式红外夜视设备，视距 500—1200 米，坦克上要装很大的红外探照灯，容易被敌人发现，70 年代，装上了可在星光或辉光条件下观察目标的微光夜视设备，视距可达 2000 米。近来又采用可在完全黑暗条件下工作的热成像夜视设备，它根据目标与背景之间温度差发现与识别目标，可透过烟尘、树木或其它伪装发现目标，视距可达 2000—3000 米，在 2000

米内能辨认出2米长的车辆，在1000米内能辨认出人的形象。美国M1坦克采用热成像设备之后，在夜间射击的准确度比M60坦克在白天射击的准确度还高。此外，70年代后的现代坦克上有些还装有先进的地面导航设备，可使坦克在白天和夜间行驶时都不会迷失方向。

第二节　军事航空技术的新发展

第一次世界大战中飞机被用于战争。第二次世界大战及其以后的局部战争表明，飞机已经成为现代战争不可或缺的重要武器系统，强大的空军成为军事力量中最重要的组成部分之一。因此，致力于发展自身军事实力的国家，没有不加强空军建设，没有不注意提高自身军事航空技术的。第二次世界大战后期和战后的几十年中，军事航空技术特别是军用飞机技术，有了长足的发展，军用飞机飞得更快、更远，其综合战斗性能得到了全面的提高。

一、突破音障

以活塞式发动机为动力，通过螺旋桨产生推力的飞机，当速度达到750公里/小时时，要想进一步提高速度是不可能的。旧的推进装置遇到了音障。音障就是物体运动达到音速时，会在运动方向上产生激波，激波会使飞行物体的气动力特性发生变化，成为飞行的新的阻力。要想使飞机的飞行速度有更大的提高，达到音速和超音速，就必须突破活塞式发动机和螺旋桨的极限，改进飞机旧的气动力布局，改变飞机旧的机翼外形。突破音障的要求，导致了飞机推进技术和气动力布局技术的发展。

新的喷气发动机取代了旧的推进装置，为飞行速度突破音障，提供了动力保证，使得飞机的发展进入喷气式时代。喷气发动机以燃气的高速喷射为飞机的飞行提供动力。与旧的推进装置相

比，喷气发动机不仅结构简单，而且效率更高。它省略了活塞式发动机必不可少的众多气缸和活塞，也省略了复杂的传动装置，减少了能量转换过程中的环节，减少了能量的损耗，比旧的推进装置有着更大的推重比。使用喷气发动机后，不再需要螺旋桨，也就从根本上克服了螺旋桨推进达到音速时碰到的激波问题，从此，笨重的螺旋桨开始从飞机动力装置上逐步被淘汰，飞机发展到今天，除了极少量特殊用途的飞机外，已经见不到用螺旋桨推进的飞机了。喷气发动机有两大类，一类是空气喷气发动机，一类是火箭喷气发动机。这两类发动机的工作原理相同，都是通过喷射燃气产生推力。德国在第二次世界大战后期，曾在飞机上使用过这两类发动机。它们各有特点，空气喷气发动机工作时离不开氧，要借助于大气，其工作时间较长；火箭喷气发动机工作时不需要氧，可以在空气稀薄的高空工作，但其工作时间较短。直到今天，飞机仍然使用的是这两类发动机，只是性能不断得到改进和提高。1939 年，德国的 He178 飞机试飞成功，成为世界上第一架喷气式飞机。1945 年，装有两台喷气发动机的英国“流星”式飞机的飞行速度达到 976 公里/小时，创造了当时的世界纪录。1950 年，在朝鲜战争中，美国的 F－86A 佩刀式飞机与前苏联的米格－15 飞机，进行了人类历史上的首次喷气式飞机之间的空战。

在喷气发动机技术发展的同时，机翼设计技术也有了新的进步。机翼是飞机的主要部件，其基本功能是使飞机获得飞行所必须的升力。早期的机翼是平直机翼，机翼的前缘与机身的纵轴几成垂直。1945 年，英国研制了一种安装了当时最先进的喷气发动机的飞机，其平飞速度达到 947 公里/小时，从高空俯冲时达到 1120 公里/小时，接近音速。但过不多久，两架飞机先后在空中解体。研究后发现，当飞机飞行速度接近音速时，在机翼上会产生激波，使机翼上的空气压力发生变化，气流变得非常紊乱，致使飞机抖动，出现诸如机翼下沉、机头向下栽或在爬高时自动上仰等症

状，使得飞机难以控制。当飞机不受操纵地作自动俯冲时，俯冲增速形成的负载，超过飞机能承受的强度，从而使飞机解体。机翼上产生激波后，飞机的阻力也会急剧增加。仅靠发动机的改进，不能消除激波，也很难使飞行突破音速。要克服音障，还必须改进机翼。进入喷气式时代以后，为了适应突破音障的需要，机翼经历了从平直翼到后掠翼到三角翼到可变翼的发展过程。

后掠翼。机翼的前缘与飞机的纵轴线形成小于90度的夹角，整个机翼向后倾斜，使飞机看起来象一只飞行的燕子，且后掠角超过25度。不超过25度的仍为平直翼。后掠翼具有延缓翼面局部音速气流的产生，减小飞行阻力的作用。飞行阻力作用于后掠机翼时会被分解。第二次世界大战期间，德国在后掠翼的研究方面就已经取得相当成就。德国战败后，这方面的材料为苏联所获，1947年，他们将后掠翼技术用在了米格－15上，紧接着，美国也在F－86佩刀式上使用了后掠翼技术，使它们的飞行速度均达到了1050公里/小时左右。

三角翼。随着飞行速度的不断提高，机翼的后掠角也不断增大，当机翼后掠角增大到55—60度时，后掠翼便演变成了三角翼，也就是机翼前缘为大后掠角，后缘基本平直的机翼。三角翼的出现，满足了飞行速度从亚音速到超音速的发展需要。其气动力方面的优势是当飞行速度从亚音速过渡到超音速时，机翼的压力中心变化较小，超音速飞行的阻力也较小，有利于超音速飞行。在结构方面，由于三角翼的根弦较长，与后掠翼相比，在相对厚度相同的条件下，三角翼根部的绝对厚度较大，对结构受力和内部空间的利用比较有利。机翼与机身通常采用多点连接的方式，以起到加强的作用。苏联的米格－21、美国的F－4和中国的歼－8Ⅱ都是三角翼飞机。

可变翼。机翼的后掠角可以调整变化，与不变翼相区别。适应提高飞行速度，减小飞行阻力的需要，机翼的后掠角越来越大，

但其升力越来越小，起飞时往往要滑行很长的距离才能离地，满足了高速飞行的需要，但低速性能越来越差。为了使超音速飞机的高速性能和低速性能能够得到兼顾，产生了可变翼技术。机翼掠角可以根据高速飞行和低速飞行的不同需要加以调整。高速飞行时，使用大后掠角，飞机的阻力小，加速性能好，抗阵风能力强；低速飞行或起落时，使用小后掠角，机翼展弦比大，飞机的续航时间长，经济性好，升力大，起降安全。可变翼技术从 40 年代开始研究，其机理并不复杂，关键是要有一套安全可靠的转动机构。直到 60 年代后，该技术才开始走向成熟，并逐步在军用飞机上被采用。自从 1964 年世界上第一架实用的可变翼飞机 F－111 出现以后，先后有 10 多种可变后掠翼飞机相继问世，最具代表性的有 F－14、米格－23、苏－24 和“狂风”等。可变翼一般由固定的内翼和活动的外翼两部分组成，它们不是一个固定的整体，加上一套比较复杂的转动和控制装置，使得可变翼飞机的结构变得更加复杂，重量增加，这是它的不足。

在三角翼的基础上还出现了机身融合的设计趋向。机身一体化使得飞机从外形上看，已经没有了传统的机身机翼之分。这种设计思想适应了飞行速度更快(达到音速的 3 倍)、隐形、扩大飞机的可利用空间等新的需要。美国 60 年代研制成功的 RS－71 高空超音速侦察机就开始采用机身融合技术，F－16 也从机身融合技术中得到益处，近年来出现的 F－117 隐形飞机已和传统的飞机外形大不相同，而 A－12 舰载攻击机看起来已经完全没有了机身，成为一个三角机翼，从而被称为飞翼式飞机了。

由于推进技术的革命、机翼气动力学的研究和改进，飞行速度终于突破了音速。1947 年，美国空军试飞员查尔斯·爱尔伍德·耶格尔驾驶一架美国贝尔 XS－1 型火箭发动机飞机，进行了第一次超音速飞行，飞行速度达到 1078.23 公里/小时。1953 年，美国海军的道格拉斯 D.558－Ⅱ型火箭发动机飞机的速度突破了音速的

2倍,而贝尔 X-2 型飞机的速度则突破了音速 3 倍,达到 3.2 马赫。在高速下,飞机机身的温度会升高,速度达到 2 马赫时,机身温度会超过摄氏 100 度,某些部位可高达摄氏 200 度,当速度达到 3 马赫时,某些部位的温度高达摄氏 500 度。这样的高温使金属被加热到暗红色,铝合金变得十分脆弱。飞机蒙布必须选择新材料,贝尔-2 就选用了耐高温的不锈钢。今天,在高速飞机上更多的选用重量轻、强度好的钛合金。

二、续航技术的进步

飞机的续航能力说到底是个燃料供应问题。飞机体积较小,载重有限,所能携带的燃料有限,因而,从飞机诞生的那一天起,就存在着如何提高续航能力的问题。对于军用飞机来说,续航能力强,作战的半径就大,滞空时间就长。续航能力是飞机作战性能的重要指标之一。随着飞机飞行速度的提高,发动机推力的增加,机载设备的增多,飞机重量增加,飞行所需的燃料相应的也在增加,飞机续航能力的问题一定程度上也更加突出。提高飞机续航能力的方法概括起来有两种,一种是相对增加燃料的方法,另一种是绝对增加燃料的方法。

相对增加燃料技术。飞机所带燃料的绝对数量没有增加,但飞机的作战能力却可在远距离上使用。比如,可动用其它的运载工具,将飞机从较远的地方运至有效作战区域,这样飞机自身所带燃料没有增加,但却可远距离作战,如舰载飞机。努力改进发动机性能,提高发动机效率,采用飞机外形的先进气动布局,增加推重比,也是一种相对增加燃料的有效方法。以战斗机为例,虽然超音速战斗机从 50 年代出现以来,各种性能都有了很大的提高,包括续航能力,但在整个飞行过程中,真正使用超音速飞行的时间并不长。50 年代末 60 年代初和从 70 年代中期开始服役的第二代和第三代超音速战斗机,其飞行最大速度达到了 M2.0 至 M2.5,但真正能以这样的速度飞行的时间很短,一般只有几分钟。主要原

因是这些飞机要进行超音速飞行时，需要打开发动机的加力装置，即点燃加力燃烧室，而发动机开加力时的耗油率通常要比不开加力时的耗油率提高1至2倍，甚至更多。如果打开全加力飞行30分钟，就可能将机内所带的燃料全部用完。这样，不要说作战，连返航也很困难。目前仍在研制中的第四代超音速战斗机把超音速巡航作为飞机的重要性能指标，如美国的F－22战斗机，要求飞机在不开加力的情况下，飞机仍能以M1.5的速度进行巡航飞行，其续航能力将有明显的提高。要达到这一点，除了要改进飞机的空气动力学特性之外，就发动机而言，其推重比要达到10左右。

绝对增加燃料技术。一是充分利用机内空间和飞机的允许载重量，让飞机携带更多的燃料。较早的方法是给飞机增加副油箱，这种方法是以牺牲飞机的宝贵载重量为代价的。一是空中加油技术。以满载油料的运输机在空中为需要加油的飞机补充燃油。虽然飞机自身的载油量有限，但通过空中加油技术，理论上可使飞机的燃料在飞机的不间断飞行中源源不断地得到补充。空中加油技术早在1923年就出现了。开始时，加油过程全由人力操纵，效率低，难度大。到40年代中期，英国研制出了插头锥套式加油技术；40年代后期，美国研制出伸缩管式加油技术。虽然至今仍是这两种加油设备，但其技术在这几十年中不断发展，加油的稳定性、加油的速度、对天候的适应性，都有了很大的提高。空中加油技术产生虽早，但用于军用飞机的加油却较晚，用于作战期间加油更晚，在朝鲜战争中首次出现了在作战期间加油的事情。在以后的60—80年代的几次局部战争中，美、英等国空军都曾使用过空中加油技术，有效地提高了飞机的续航能力。

三、垂直与短距起降技术

喷气式飞机出现后，飞机的起飞和着陆速度增大，滑跑距离增长，需要延长跑道，这不利于飞机的作战使用及其在地面的生存。可变翼技术出现后，虽然飞机起飞的性能有很大的改善，但仍需要

较长的跑道。为解决这一问题，一些国家在第二次世界大战结束后，相继着手研究垂直起降技术，研制垂直/短距起降飞机，先后出现了十几种试验飞机，现已装备的有两种：英国的“鹞”式和苏联的雅克－36。“鹞”式飞机于 1957 年开始研制，1969 年装备部队。苏联的雅克－36 于 70 年代开始装备部队。1982 年 4 月，英国、阿根廷马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）战争中，英国的“鹞”式和舰载型“海鹞”式垂直/短距起降战斗机，与阿根廷空军展开了大规模空战。结果，阿根廷损失的飞机中，有 31 架是被“鹞”和“海鹞”击落的，而“鹞”式飞机没有一架被阿方的飞机击落、击伤。这是使用垂直起降技术的飞机第一次参加实战。

这两种已经装备部队的垂直起降飞机，都主要是以可转向的喷气发动机的喷口形成的推力克服飞机自身的重量，实现垂直起降的。雅克－36 装备一台有一对可转向喷口的涡轮喷气发动机和两台小型升力喷气发动机。“海鹞”装备一台有 4 个可转向喷口的“飞马”涡轮风扇喷气发动机，4 个喷口分别设在机身下方的飞机重心四周，每个喷口都可以在一定范围内灵活地向任意方向转动，从而产生不同方向的推力，使飞机可以向前、后退、横向飞、悬停、空中原地转弯和垂直起落。当飞机需要起飞升空时，喷口转向下方，借助发动机的推力克服飞机重量垂直上升。然后，发动机喷口向后转动，使飞机加速，逐步过渡到以机翼产生的升力支持飞机重量的正常飞行。当飞机需要降落时，飞机减速飞抵降落区上空，发动机喷口由后转而向下，飞机由机翼产生升力的正常飞行过渡到由发动机推力支持飞机的零速度状态，然后垂直下降。

垂直起降技术的出现和利用，不仅使固定翼飞机能象直升机那样实现了垂直起降，而且极大地提高了飞机飞行的灵活性。在英阿马岛之战“海鹞”式战斗机击落的阿方飞机中，有 11 架是速度超过音速 2 倍的法制“幻影”战斗机。重要的原因之一是：在中低空格斗中，战斗机机动一般不会超过音速。所以，“幻影”并不能发

挥速度大的优越性，而“海鹞”利用发动机推力变向，可进行超常规的极灵活的机动，格斗能力要强得多。已装备的垂直起降飞机还存在很大的不足。首先，它的耗油量大，垂直起降、悬停需要大量燃料；垂直起降时，受重量限制（飞机起飞全重不能超过发动机推力的 85%），不能加满油，作战半径很短，只有不足 100 公里；飞行速度偏低，每小时约为 1000 公里。为了减小油耗和增加起飞重量，不采用垂直起降方式，而是借助于长约 300 米的平直跑道或 60 米长的斜坡跑道，其作战半径将延长到 300—400 公里。因此，在实际使用垂直起降飞机时，常让其使用短距跑道，所以人们又把垂直起降飞机称之为垂直/短距起降飞机。

第三节　舰艇技术的新发展

第二次世界大战结束以后，尽管没有发生大的战争，但是局部战争不断，大规模战争的危险依然存在，并且随着世界经济联系的加深，海上运输的重要意义比以往任何时代都更加突出。因而，海军的发展受到了广泛的重视，各种先进的科学技术成果被运用到舰艇上，使得舰艇技术有了新的发展。

一、舰艇动力技术的发展

传统的蒸汽动力、内燃机动力、核动力是现代舰艇的基本动力形式。船用内燃机除了柴油发动机外，现代又产生了燃气轮机。核动力是随着原子能的发现和利用，到 20 世纪 50 年代才成为船用动力的。蒸汽动力和核动力的功率大，但加速过程较慢，内燃机功率相对较小，但加速较快。不同的舰艇依据其自身不同的特点和不同的功能，采用了不同的复合动力装置。航空母舰、巡洋舰的动力装置，多数采用蒸汽机，少数采用核动力装置，有的巡洋舰则采用燃气轮机或柴油机－燃气轮机联合动力装置。驱逐舰、护卫

舰一般采用蒸汽机、燃气轮机或柴油机－燃气轮机联合动力装置。小型舰艇一般采用内燃机动力。现代潜艇的动力装置除了柴油机－蓄电池的柴电常规动力外，少部分大型潜艇采用核动力装置。推进系统多数采用水下螺旋桨推进器，少数采用喷水推进器或空气螺旋桨推进器。

随着核技术的发展，出现了核动力舰艇。核动力的基本原理是原子的核裂变链式反应，其实质是一个可控的原子弹。1939 年 3 月，在哥伦比亚大学的提议下，美国海军部同意进行原子能在海军舰船上应用的可行性研究。1942 年 12 月 2 日，著名物理学家费米领导的实验小组，聚集在芝加哥大学网球场看台下的秘密实验室里，检查他们研制的世界上第一座原子核反应堆。实验是成功的。虽然输出的功率只有 0.5 瓦，但却是人类历史上第一次输出的核能大于输入能量的核反应。1954 年，美国建成了世界上第一艘核动力潜艇“鹦鹉螺”号。60 年代，第一艘核动力航空母舰、美国的“企业”号下水试航成功。

核动力舰艇装有以核反应堆释放的核能为能源的动力装置。核动力装置由核岛（亦称一回路）、常规岛（亦称二回路）组成。一回路主要包括反应堆、主泵、蒸汽加压器、净化离子交换器、蒸汽发生器、驱动机构及诸系统；二回路主要包括主汽轮机、主冷凝器、后传动、配套辅机及诸系统。反应堆有多种类型，一般的舰艇核动力为压力水堆，或称压水堆。一回路主泵打出的高压水，经反应堆活性区吸收热量后，进入蒸汽发生器加热给水，产生饱和蒸汽，经蒸汽母管送至二回路系统，蒸汽在主汽轮机中膨胀做功，使热能转化为轴上的机械能，高速旋转的主汽轮机轴通过减速器带动螺旋桨旋转。做功后的乏汽经冷凝器凝结成水，再通过给水泵打入蒸汽发生器，形成一个闭式回路。一回路是带放射性射线的，因而需要装备很厚的铅板进行屏蔽。为了能控制蒸汽机输出功率的大小，核反应堆内还插有能强烈吸收中子的控制棒，通过调节控制棒插

入的深度，来改变反应堆里的中子数量，控制热能的大小，达到控制舰船航速的目的。

核燃料能量大，一次装载核燃料可使用10年以上，最长可达25年，这样就省去了大量装载燃油的空间和时间，提高了船舶的续航能力；核动力装置没有进排气道，对水面船舶来说，也就没有了排烟产生甲板上空紊流、腐蚀气体和红外线等问题；对水下潜艇来说，核反应不需要空气，使得潜艇能在水下活动更长的时间，可大大提高潜艇的隐蔽性和水下作战能力。第一次世界大战时，潜艇在水下停留的时间只占总续航时间的5%；第二次世界大战后期已提高到15—20%；有了核动力后，潜艇不仅可以绕地球跑好几圈不需要增添燃料，而且能够以90%以上的时间在水下活动。但核动力也有自身的不足，初始投资费用大，建造周期长，核燃料价格昂贵，屏蔽重量重，对操纵人员素质要求高，有放射性污染，因而安全防护措施要求严格，还需要建造供安装、试验、驻泊、维护所必须的专用设施条件，此外，还有核设施共有的三废排放和废料处理问题。综合其长处与不足，在当前的条件下，核动力还只能在大型舰艇上使用，主要在航空母舰和核潜艇上使用。美国“尼米兹”级航空母舰，满载排水量近10万吨，有两座压水反应堆，驱动4台蒸汽轮机，有4轴4桨，总功率达28万马力。每一反应堆驱动2台蒸汽轮机、2轴、2桨，组成一个动力单元。最大航速超过30节，航速为30节时，续航能力达70万海里，可13年不要更换核燃料。最大的核潜艇前苏联的“台风”级潜艇，水下排水量约为29000吨，有两座压水反应堆，驱动2台蒸汽轮机，总功率为8万马力，水下航速最大约为30节。

第二次世界大战以后，燃气轮机动力技术也得到了发展。燃气轮机是蒸汽机和内燃机两种技术结合的产物。燃油蒸汽机的能量转换过程是：燃油燃烧—高温高压蒸汽—汽轮机轴高速旋转。内燃机的能量转换过程是：燃油燃烧—活塞带动曲轴的往返运动

一飞轮的转动。这两种动力装置的共同缺陷是从燃料燃烧到对外做功，中间环节多，能量损耗大。而燃气轮机所要做的是由燃料的燃烧直接带动转轴对外做功。1904 年，美国人 E·W·布里斯发明了燃烧室，为燃气轮机的产生准备了必要的前提。20 世纪初蒸汽涡轮机的出现，使得涡轮工作原理被人们所掌握。接下来，内燃机油料的有效输送和燃烧，使涡轮机有了理想的燃料使用方法。第二次世界大战后期，德国人发明了航空用涡轮喷气发动机，也就是燃气轮机。到了 20 世纪中期，航空发动机经过适应船用的改进，被用到军用舰艇上。燃气轮机作为新型船用动力装置发展起来了。

燃气轮机动力装置由燃气发生器、动力涡轮、后传动以及燃油系统、滑油系统、冷却系统、调控系统等组成。简单开式燃气轮机的工作原理为：空气经滤清后由压气机吸入，经增压后进入燃烧室与燃油混合燃烧，形成高温高压燃气，首先进入高压涡轮做功，推动动力涡轮高速旋转，作功后的燃气通过消音装置后排入大气。高速旋转的动力涡轮通过后传动减速后带动螺旋桨轴。燃气轮机的突出优点是：高功率体积比和高功率重量比、结构紧凑、系统简单、维修操作简便，装置的热效率比蒸汽动力装置高、启动快、加速快，从冷态启动至全速工作仅需 2 分钟。由于这些优点，燃气轮机受到了各国海军的欢迎，70 年代以来已被大、中型舰艇和特种艇广为采用。目前，在一些主要发达国家的新建主战舰艇上，都已采用燃气轮机作为主机。英国最先把燃气轮机用作轻型航空母舰的推进动力。从 70 年代开始，英国就开始论证研制航母用燃气轮机及其系统。1980 年首先安装在“无敌”号航空母舰上，顺利通过了试航并交付海军服役。轻型航空母舰一般装备 2—4 台燃气轮机，其单机功率为 2—2.8 万马力，最大航速可达 26—30 节。但燃气轮机还有不少不足和有待改进之处。满负荷和低负荷时燃气轮机都一样工作，输出同样的功率，因而低负荷时效率不高；燃气轮机

本身不能实行倒转，须用结构复杂的变向传动装置或变螺距螺旋桨；燃气轮机的进排气道体积很大，既难布置又占有舰上的宝贵空间；排气温度高，红外辐射大，不利于舰艇的隐蔽；对制造的材料和工艺的要求高；另外，造价也比较高。

二、舰艇推进技术的发展

改善舰艇机动性、提高航速、降低舰艇噪声是各国海军十分关注的问题。单靠增加发动机的功率和螺旋桨的推进方式，是难以解决这些问题的。必须在舰艇的运动方式和推进方式上有所突破。第二次世界大战以后，舰艇推进技术的进步主要是发展了喷水推进技术。喷水推进是一种用从艇体喷出的水的反冲作用来产生推力的推进形式。它与飞机的喷气推进原理完全相同，只不过不是空气作为工质，而是以水作为喷射的工质。它用设置于舰艇尾部的一个或数个大流量的喷水泵，从舰艇底部吸入水，由水泵将舰艇主机的机械能转换给经进水口流入管道的水流，使水流的总能增大，然后，这股高速水流从尾端的喷水口向后喷出。这时，该水流在喷口处的动量大于进口处的动量，单位时间内该水流的动量增量与作用于该流体上的外力相等，此力的反作用力即为舰艇的推力。借这种由喷射水流产生的反作用力形成的推力而使舰艇前进的推进方式，即为喷水推进。

喷水推进技术的历史最早可追溯到 1691 年。那一年，英国的托古特和海因斯介绍了一种奇特的船。在船的中部有一条槽，在槽的一端装设一个柱塞泵或离心泵，水从船首部的槽开口处吸进，通过泵将水加速，高速流动的水从船尾的槽开口中喷出，推船前进。从那时起，喷水推进的研究一直不断。随着水泵的改进，发动机的进步，流体力学的发展，到 20 世纪 70 年代，喷水推进技术开始被实际运用到船舶上，并开始运用到军用舰艇上。与螺旋桨相比，理论上，喷水推进比螺旋桨推进效率更高。螺旋桨推进获得推力的过程是：初级能（热、电等）—机械能—驱动螺旋桨—向水传递

推力。喷水推进获得推力的过程是:初级能一向水传递推力。很明显,喷水推进方式减少了能量的转换、驱动与传递环节。这就是吸引人们不断研究喷水推进方式的主要原因。但是,早期的喷水推进装置因其免除了突出在船外的螺旋桨,被用于航行在浅水或水草丛生水域的内河船艇上,只限于低速和低功率,高速航行时的高效率特长被掩盖了。只是到有了高效大功率的发动机的现代,古老的喷水推进才获得了新的生机。现代喷水推进装置很简单,它主要由装在艇内的进水系统(冲流式或冲压式)和喷水泵以及操纵倒车系统等部分组成。它可采用各种类型的泵,其中最常见的是离心式或轴流式。离心泵具有压力高、流量小的特性,轴流泵具有压力低、流量大的特性。离心式在低速比时效率较高,轴流式在高速比时效率较高。比较大的喷水推进装置还可紧靠离心式或轴流式泵前部安装导流泵。喷水推进装置的进水口一般朝向船行的方向,以便充分利用水流的相对速度。喷水口通常位于艇尾的底部或舷侧,一些喷水推进装置的喷管还可借控制机构转动,以使舰艇就地转向或倒退。

在现代条件下,喷水推进技术有如下的主要优点:一是节能,可减少燃油消耗。舰艇高速航行时,螺旋桨推进会因产生的空泡而导致推进效率下降,采用喷水推进装置则可消除空泡的影响,大幅度提高推进效率,显著降低燃油消耗,对于250—300吨的快艇,当航速达28节时,喷水推进系统的燃油消耗将比定距桨系统降低8%。二是机动性能好。依靠转变喷口的方向和加装必要的倒车叶片,可使舰艇转向、急停、倒车,甚至原地回转,这是螺旋桨推进难以达到的。三是噪声低。喷水推进较好地克服了螺旋桨高速推进时的空泡影响,同时泵叶装在管道里,管道能起到一种屏蔽作用,其噪声较常规螺旋桨低。相比之下,大型巡逻艇采用喷水推进可使水下辐射噪声降低10分贝,对于3000吨级以上的喷水推进型护卫舰,水下辐射噪声指标可降低10—12分贝。四是舰艇阻力

小。对于高速舰艇来说，螺旋桨推进，其轴支架等的附体形成的阻力相当可观。而喷水推进，几乎完全取消了船体以下的任何突出附体，从而大大减少了这种附体阻力。五是无主机过载。对定距桨推进的舰艇来说，功率的吸收明显影响舰艇的航速。例如，当舰艇航速为 42 节时，定距桨将吸收主机的全功率，但由于转速不变而阻力增大，将造成主机过载，且航速降低。但喷水推进系统在轴的转速不变的情况下，其吸收的功率与舰艇的航速无关，这就意味着发动机决不会超载，它能保证舰艇机动时主机的全部功率均可充分发挥作用，这也导致主机的损耗和维修费用较之定距桨来说大大下降。六是传动机构简单。对于螺旋桨推进方式，其在轴系布置、传动方式等方面，均面临着一系列复杂的技术问题，而喷水推进装置主要由装于艇内的吸水泵和喷水管系统组成，其传动机构非常简单，基本上克服了轴系和传动装置的功率损失。此外，喷水推进装置还存在着可靠性好、造价低、喷水推进泵在管道内隐蔽不易受损等优点。喷水推进技术存在的不足，一是中低速时效率低，经济性差，二是有效负荷小。目前，喷水推进技术除用于小型常规水面舰艇，如法国海岸警备队的 350 吨高速巡逻艇等外，还用在中型水面舰艇和潜艇上。瑞典在其哥德堡级轻型护卫舰上就安装了喷水推进装置，英国在特拉法尔加级核潜艇上也安装了喷水推进装置。除常规舰艇外，喷水推进更成为新型高性能船舶的首选动力装置，如美国新设计的 3000 吨级气垫船就是采用喷水推进装置。

三、舰艇攻击技术的发展

二战以后，舰载机性能的提高，制导武器的不断发展，鱼雷的改进，使得舰艇攻击技术大为发展，攻击能力大为加强。

航空母舰的巨大威力在第二次世界大战中已为人们所认识。二战结束后，飞机不断改进，性能不断提高，要提高航空母舰的攻击能力，就必须装备高性能的舰载机。今天的舰载机与二战时期

不可同日而语，飞行性能上已进入超音速阶段，舰载机的重量也已达到近36吨。为适应高速飞行，易产生较大升力的机翼已被改进，起飞所需的滑行距离变长。适应作战的需要，舰载机要能成批次的迅速起飞和着舰。舰载机要能顺利和迅速的起飞、着舰，就成了航母攻击力提高的重要环节。第二次世界大战以后，舰载机起飞技术的进步有两个方面，一是弹射器的改进，二是滑跃起飞技术的产生。

弹射器的发展经历了三个阶段。第一阶段，1918年，美国人诺登设计的飞轮弹射器，能将4540公斤重的飞机加速到61节，弹射能量来自飞轮，飞轮由一台25马力的电动机带动，使用锥形摩擦离合器使飞轮同缆鼓相连接。第二阶段，1934年，美国制造出了第一部液压型弹射器。经过不断改进，该型弹射器的弹射能力不断提高，并且在使用过程中不断改进完善，先后完成了在弹射器上飞机的固定、弹射器的复位装置、缆索自动张紧系统、高压泵的制造和泵的自动控制系统、飞机牵制和释放装置、拖索制动器（又称收索装置）、失控发射防止器等，使得固定翼的单翼机能在航空母舰上起飞和着舰。第三阶段，1950年，英国海军志愿后备军官科林·C·米切尔中校设计制造了第一台蒸汽弹射器。蒸汽弹射器的问世，适应了喷气时代的舰载机的需要，使得更重、更快、更先进的现代飞机能在航空母舰上起飞。具有初始推力低、起飞速度要求高的喷气式飞机的进一步发展，需要海军采取措施发展一种新型高速弹射器。美国海军航空工程研究所设计了一种弹射器，其能力为弹射重量9080公斤，动力冲程53.3米，末速度109节。虽然该型弹射器的设计在同等能力的弹射器中结构重量最轻，但还是由于过重而不能安装到当时所有的航母上。这使美国海军当局相信，以火药和液压装置为基础的弹射器，不能解决弹射越来越大、越来越重的喷气式飞机的问题。英国人的蒸汽弹射器引起了美国人的兴趣。美国人购买了按其要求定制的蒸汽弹射器。这种

弹射器使用了更高的蒸汽条件，额定为弹射重量为 17690 公斤时末速可达 136 节，弹射 31780 公斤时达到 107.5 节。此后，美国自己制造了新的蒸汽弹射器，它能弹射 22700 公斤重静载荷，末速达到 155 节。目前，美国现役航空母舰装载的弹射器大部分为此种弹射器。

70 年代，滑跃起飞技术产生。弹射起飞方式解决了飞机在外力(弹射器的弹射作用)强迫下实现超短距(小于 100 米)起飞的问题，但也存在一系列的弊端。首先，它严重地恶化了飞机的性能。性能优越的岸基飞机转成舰载机后，其性能就大打折扣，原因在于，为了能弹射起飞，飞机和发动机的结构以及有关的设备、系统，都要大大加强，从而使飞机的空机重量显著增加，恶化了飞机的性能。其二，弹射器结构复杂，重量大，制造、安装、调试、维修都很费事。运行中要消耗大量蒸汽；一旦中弹受创，短时间不易修复；建造消耗材料多，又需要大型加工设备，这对发展中国家不堪接受，甚至对于不少中等发达国家也难以承受。其三，弹射起飞时，飞行员要承受 4—5 公斤的纵向过载，这不但引起飞机重量显著增加，而且超出了飞行员生理上长期承受的限度，甚至使飞行员在弹射过程中短时间处于休克状态，对飞行员的健康很不利。这些弊端促使人们去寻找舰载机起飞的新方法。一种方法是在飞机的设计上想办法，使飞机在舰上起飞时不用滑行跑道或者只用很短的跑道。这种思路导致了垂直/短距起落飞机的产生。另一种方法是在飞行甲板上想办法。这种思路导致了滑跃起飞技术的产生。滑跃起飞技术的原理非常简单：在航母舰首，加装一段向上翘曲的抛物线型跑道(称作滑跃甲板或跃飞甲板)，与平甲板相连。飞机在平甲板上滑行加速，经过滑跃甲板时，飞机获得一个向上的动量向上拉起，使飞机可以在比平甲板小的末速度下起飞。这样一种向上的动量使飞机获得了在平甲板上通过加速滑行很长的距离才能获得的升力。

滑跃起飞技术70年代由英国工程师发明后,至今已为世界上的7艘航空母舰所采用,其中6艘是轻型航母,1艘是前苏联的满载排水量为65000吨的"库兹涅佐夫"号大型航母。前苏联的性能优越的苏-27喷气式战斗机的舰载机改进型苏-27K,已正式成批进驻"库兹涅佐夫"号。这说明,滑跃起飞技术不仅适用于垂直/短距起落的非超音速飞机,也适用于超音速飞机;不仅弹射器可以弹射起飞超音速飞机,滑跃甲板上也可自主起飞超音速飞机。滑跃起飞技术不仅克服了弹射起飞技术的上述三个不足,而且较好地克服了航母纵倾对飞机起飞的影响。用滑跃起飞,由于航母舰首上抬了一个较大的角度,因而在航母纵摇的任何角度(姿态)时,飞机离舰后的最低高度,都在安全线以上,也就是说,飞机可以随时起飞,不受纵倾的限制,这就大大提高了航空母舰的作战能力。而用弹射起飞,当舰首下倾到一定角度时,飞机离舰后的最低高度,就会进入安全线以下,也就是不能起飞。

第二次世界大战以后,提高舰艇攻击技术的另一个重要方面是实现了舰艇与导弹的结合。导弹与舰艇的结合,使舰艇具有了与过去不可比拟的强大攻击能力。传统的舰炮已不是舰艇的主要攻击手段而退居其次,舰艇成了供几乎各种导弹发射的流动着的海上平台,导弹成了舰艇的主要攻击手段。舰艇作为导弹发射平台,不仅可以发射战术导弹,还可发射战略导弹;不仅水面舰艇可以作为发射平台,水下的潜艇也可作为发射平台。以潜艇作为导弹发射平台从水下发射导弹,不仅为潜艇增加了新的攻击手段,而且相对于其它发射平台;具有更好的隐蔽性,这对战略导弹的发射来说,意义更为重要。第二次世界大战末期,德国首创了从潜艇发射导弹的新技术。战后,美国和苏联各自以德国潜艇发射导弹的原始方案为基础,致力于发展潜射导弹技术。不久,在潜射弹道导弹方面就取得了突破性进展,并获得成功。

从潜艇水下发射导弹有两种发射方式,一种是干式发射,另一

种是湿式发射。干式发射时，导弹装在水下运载器内，导弹在海水中航行时不与海水直接接触。不带水下运载器的为湿式发射，此时导弹直接与海水接触。战术导弹一般采用干式发射，战略导弹一般采用湿式发射。对干式发射，就存在导弹出水时需要与运载器分离的问题。弹器分离的方式主要有三种，弹射式、自推力式和爆炸螺栓助推式。英阿马岛战争中大出风头的法国“飞鱼”系列导弹的潜舰导弹，就是采用了弹射分离方式。该型导弹1977年开始研制，1985年定型装备法国海军。湿式发射时，导弹直接与海水接触，这就对发射环境和相应的发射技术提出了更高的要求。我们以80年代装备的美国第三代战略导弹“三叉戟”为例。在水下发射“三叉戟”导弹时，海情不大于6级，海水的主要物理参数：温度范围为摄氏－2.2—29.4度，比重范围为0.995—1.04，海平面大气压力为0.93—1.02标准大气压，地面风为40节，发射深度为30—48米，潜艇航速等于或小于2节，升沉速度等于或小于0.3米/秒，横摇角和纵摇角等于或小于1度。发射时导弹的运动弹道可分为四段：筒内运动；水中自由飞行；出水；导弹发动机点火。导弹出水时，也就是导弹运动介质的切换，对水下发射来说是至关重要的。当导弹接近水面时，流体静压减小，导弹速度很高，出现空泡，造成不希望出现的结构载荷和弹道偏差。除了电子及其它控制技术外，“三叉戟”还使用了燃气－蒸汽发射动力装置。其工作原理为：燃气发生器的药物燃烧产生高温、高压燃气，水喷入燃气流里，形成蒸汽，将导弹弹射出发射筒。在发射的不同深度区段，喷入不同的冷却水，调节蒸汽的压力，从而改变作用于导弹上的有用能量，使导弹在不同的发射区段具有不同的出筒速度，而导弹的出水速度则基本保持不变，从而有利于导弹的控制。

水面舰艇发射导弹则采用了垂直发射技术。早期的导弹发射装置是倾斜式的，导弹被安放在倾斜的发射架上，发射架调整到所需的角度，然后发射。这种发射装置便于机动。对于不便机动的

大型战略导弹，则采用地基竖井发射装置。但倾斜发射对于舰艇来说有一些缺陷，因而逐步发展到了垂直发射技术。苏联在70年代开始了舰艇战术导弹的垂直发射技术的研究，从那以后，舰艇导弹垂直发射技术逐渐成熟，并运用于战略导弹的发射和水下潜艇的导弹发射。舰艇导弹垂直发射装置，即是导弹的纵轴线与舰艇基准平面成垂直状态的导弹发射装置。其特点是：备弹多（多达几十枚）；可装填不同类型导弹，具有通用性；能实施全方位发射（毋需对正某一个目标，且可对多个目标进行攻击）；反应时间短，发射率高；结构简单，可靠性高，生存能力强（多数的发射箱、筒都在主甲板以下）。对于舰艇来说，由于垂直发射装置的全方位发射性能和通用化等特点，因而占用的面积小，重量减轻（如美国“轻型海麻雀”垂直发射架，占用甲板面积比原来减少60%，重量减轻53%，其成本也就低廉，比倾斜发射装置造价约便宜30%），对提高舰艇的攻击能力是非常有意义的。

此外，一些常规舰载武器的现代化改进，也使舰艇的攻击能力得到提高。鱼雷自产生以来，就是重要的舰载武器之一。由于它在水中爆炸，着重破坏舰船的水线以下部分，这些部分是舰船的能源舱、动力舱和弹药舱等要害部位，一旦被破损，就可能使舰船丧失机动能力和战斗能力，甚至沉没，所以成为威力极大的可怕的进攻性水中兵器。二战结束后，鱼雷技术又有了新发展，其作战性能有了很大的提高。二战结束前，鱼雷主要执行反舰使命，并在历次海战中有良好的战绩。战后，鱼雷在保持反舰能力的同时，主要使命转向反潜。鱼雷和现代动力推进技术、制导技术相结合，使其速度、航程、水下潜深、攻击目标的准确性和有效性，均有了很大的提高，成为水中导弹。

第十四章　军事核技术

军事核技术即军事上开发利用核能源的技术，产生于20世纪40年代。它的出现，在军事科技发展史上具有划时代的意义，标志着军事技术从利用化学能进入利用核能的新时代。军事核技术自产生以来，伴随着现代高科技的飞速发展和国际军事、政治斗争的需要，经历了一个由初创到完善成熟的发展过程。而它的每一进步及其“物化”，都对现代军事思想、军队和国防建设、战略战术以及武器装备的发展，产生着重大影响。

第一节　军事核技术的产生

军事核技术产生于20世纪40年代，决不是偶然的。它作为核技术在军事上的应用，既是特定的历史背景的产物，更是近代科学技术高度发展的必然结果。19世纪末20世纪初，自然科学获得了重大的发展，科学巨匠们以超常的智慧和自我牺牲精神，把近代科学的理论大厦装点得五光十色。其中，探秘于微观世界的一个个重大发现纷至沓来。到20世纪30年代，科学界已积累了有关原子结构以及亚原子粒子本质的系统知识，揭开了原子的奥秘。这不仅为人类利用核能源开辟了广阔前景，也为核能源用于军事目的即制造威力巨大的核武器，提供了可能。而规模空前的第二次世界大战这一特殊背景，则对实现核技术与军事的结合起了“催化剂”的作用。

一、原子裂变理论

核武器作为具有大规模杀伤破坏效应的武器，其作用原理是

利用铀和钚的某些同位素的重核链式裂变反应，或者利用氢的同位素（氘和氚）的轻核变为比较重的核的聚合反应所释放出的能量，而达到杀伤破坏的目的的。其中，主要利用铀－235或钚－239等重原子核的裂变链式反应原理制造的裂变武器，通常称为原子弹。

原子弹是最早出现的核武器。1945年7月16日，世界上第一颗原子弹在美国的新墨西哥州阿拉墨果尔多试验场试爆成功。这是人类智慧征服原子核的成功范例，也是军事科技史跨入新时代的开山之作。然而人们对原子核的研究早在19世纪末就已经开始，并相继获得了一个个重大发现。进入20世纪，原子核物理学基础理论研究进入了一个新阶段。1902年，生于新西兰的英国物理学家欧纳斯特·卢瑟福与化学家索第提出原子自然蜕变理论，否定了在此之前科学界公认的原子不可分的结论。此后，卢瑟福根据α粒子的散射实验最初发现了原子核的存在，并提出原子结构模型。他还用α粒子轰击氮－14，使之变成了氧－17和氢－1，在人类科学史上第一次实现了原子核的人工嬗变，从而为后来制造原子弹提供了重要依据。1905年，被后人称为"原子弹之父"的年仅26岁的德国科学家爱因斯坦，创立了狭义相对论，提出了著名的"质能公式"：$E = MC^2$。式中，E——物质的能量（尔格）；M——物质的质量（克）；C——光速（$C = 3 \times 10^{10}$厘米/秒）。根据这一关系式，对应于1克质量的能量是9×10^{20}尔格，就是说，1克物质全部转化为能量，将产生能量357百万卡。这些能量若供一个普通家庭取暖，足够用1000年。这就表明在少量的物质中蕴含着巨大的能量，为人类利用原子核能展现了无限广阔的前景。

1932年，英国物理学家詹姆斯·查德威克等人发现了中子。它与另一种基本粒子——带正电的质子并存在于原子核内。并认为，由于中子不带电荷，所以它很容易钻入带电的原子核中。这一发现，使物理学家们找到了轰击原子核的新"炮弹"。意大利物理

学家恩里柯·费米用物理试验证明了詹姆斯·查德威克的判断。他用中子轰击元素周期表中一个又一个元素，短短数月就制造出 37 种新的人造元素。后来，费米进一步用中子轰击铀，试图获得一种原子序数为 93 的新的人造元素，结果未能成功，但他发现有新的放射性物质产生。到 1938 年 12 月，德国科学家 O·哈恩与同伴 F·斯特拉斯曼发现用中子轰击铀原子核的裂变现象，并于 1939 年 2 月发表论文于英国的《自然杂志》。消息传到美国华盛顿，当时乔治·华盛顿大学与卡里基研究院正在联合召开一个物理学会会议，他们便组织力量对铀原子核进行连续四昼夜的分裂实验，都得到了肯定的结果：铀核裂变会解释放出巨大的能量，而且每次裂变能同时放出 2－3 个中子。这预示着原子核裂变链式反应的可能。1939 年 9 月，丹麦物理学家 N·波尔和他的合作者 J·惠勒从理论上阐述了原子裂变反应过程，并提出能引起这一反应的最适宜的核素是铀－235。从而找到了打开原子弹"大门"的钥匙。

原子弹主要是以比结合能较小的重核铀－235 或钚－239 为核炸药的。所谓比结合能，即击碎原子核的一个核子所必须耗费的能量。它是用来衡量原子核的强度的。铀－235 和钚－239 的比结合能较小，说明它们不太牢固，较易发生核裂变反应。当用中子轰击重原子核铀－235 或钚－239 时，中子便被吸收，因而给原子核一个激发能。于是，重核铀－235 或钚－239 分裂成两个中等质量数的核(称裂变碎片)，同时放出 2－3 个中子和约 180 兆电子伏的能量(相当于 2.9×10^{-11} 焦耳)。放出的中子，有的被耗损在非裂变的核反应中或漏失到裂变系统之外，有的继续引起重核裂变。只要每一个核裂变后能引起下一代裂变的中子数平均多于一个，裂变就能形成自持的链式裂变反应，中子总数将随时间成指数增长。例如，当引起下一代裂变的中子为 2 个时，则在不到百万分之一秒内就可使 1 千克铀－235 或钚－239 内的约 2.5×10^{24} 个原子核发生裂变，并释放出 17500 吨梯恩梯当量的能量。此外，在裂

变碎片衰变过程中，还将有大约2000吨梯恩梯当量能量被陆续释放出来。这就是说，1千克的铀－235或钚－239若完全裂变，总计可释放约20000吨梯恩梯当量的核能。

然而，要使原子弹中裂变装料能够实现自持的链式反应，必须满足一个条件，这就是裂变装料的数量必须达到临界质量。所谓临界质量，是指满足于一定条件的核炸药量，一旦达到这样的量，每一代中子都能产生足以使链式反应持继进行下去的若干中子构成的新一代。其大小取决于核炸药中裂变同位素的含量、一次核裂变产生的平均中子数、外部压力作用下的物质密度、装料的几何形状以及中子反射层的有无等。铀－235裸球的临界质量约为50千克，δ相钚－239裸球的临界质量为16千克，而α相钚－239裸球的临界质量只有10千克左右。如要改变核装料的临界质量，则可采取增加反射层、提高核装料的密度等办法来实现。比如，在δ相钚－239包上2厘米厚的铀－238球壳，其临界质量可减小到约11千克；如密度提高一倍，其临界质量约可减小到原来的1/4。原子弹必须装足够量的裂变装料，但它在平时又必须处于次临界状态，否则裂变装料中自发裂变产生的中子或空气中自由中子，会引起链式反应而造成核事故。因此，原子弹的设计原理，是使处于次临界状态的核装料瞬间达到超临界状态，并适时启动中子源触发链式裂变反应。超临界状态可通过两种方法实现：一种是“枪法”，亦称压拢型。这种方法是把两块或若干块小于临界质量的核装料，迅速合拢在一起，使核装料块的体积和质量超过临界点。它是借助于化学炸药产生的推力，把装在金属筒内一端的核装料用发射方式推到另一端的核装料上去的。另一种是“内爆法”，称压紧型。这种方法是以对处于次临界状态的核装料施加高压为前提的，通过化学炸药爆炸产生的内聚冲击波及高压增大核装料的密度若干倍，从而使核装料系统超过临界质量。由于临界质量值与核装料密度的平方成反比，因而

“内爆法”与“枪法”相比，可少用核装料。这也是“内爆法”被广泛采用的原因。

原子弹作为利用核裂变释放的能量来起杀伤破坏作用的巨型炸弹，主要由引爆系统、炸药层、反射层、核装料和中子源等部件构成。引爆系统用来起爆炸药；炸药是推动或压缩反射层和核装料的能源；反射层由铍或铀－238 构成；核装料目前主要是高浓度（90%）铀－235 或高纯度钚－239。这两种核装料相比，钚－239 在中子轰击下发生裂变的几率较大，裂变后放出的中子数也较多，因而用它作原料对提高核武器的比威力、使之小型化较为有利。但钚－239 自然界中并不存在，它是通过核反应堆用中子照射铀－238 生成的。而生成物中含有钚－240，它的自发裂变几率很高，因而钚－240 含量过高往往使核装置在尚未达到预定的超临界质量时就发生裂变反应，从而使威力达不到设计指标。正因为这样，用钚作核装料的原子弹一般不宜采用“枪法”，以免由于压拢速度较慢而导致过早点火；而采用“内爆法”的钚弹中，钚－240 含量一般也不得超过 10%，其含量达到 20－30%的钚，只能制造低当量或当量范围要求不太严格的原子弹。中子源通常采用氘氚反应中子源、钋－210—铍源、钚－238—铍源和锎－252 自发裂变源等，其用途是提供链式反应的“点火”中子。上述各部件缺一不可，它们共同构成了一个完整的核装置。当核装置接到起爆指令后，引爆系统的雷管首先起爆炸药，炸药的爆轰产物推动并压缩反射层和核装料，使之达到超临界状态。与此同时，中子源提供点火中子，核装料内便发生裂变链式反应，并释放出巨大的能量，使整个弹体和周围介质都变成了高温高压的等离子体气团，其中心温度可达几千万摄氏度，压力达几百亿大气压。原子弹爆炸产生的高温高压，以及核反应产生的中子、γ射线和裂变碎片等，最终形成冲击波、光辐射、早期核辐射、放射性沾染和电磁脉冲等杀伤破坏因素。

二、曼哈顿计划

曼哈顿计划即“曼哈顿工程”计划的简称，是二战期间美国研制原子弹的一系列工程计划的总称或“代号”。这个庞大的工程计划，集科研、军事和工业为一体，包括16个大大小小的计划，涉及单位数百个，直接动用人力60余万，耗资22亿美元。该计划启动于1942年8月，领导机构设在纽约以东的哈曼顿地区，由著名物理学家罗伯特·奥本海默担任科学负责人，陆军工程兵团建筑部副主任莱斯利·格罗夫准将任工区总负责人。曼哈顿工程计划的正式启动，标志着美国研究原子弹的工作由纯理论的试验室工作转入实现研制生产的新阶段。

曼哈顿计划从蕴酿到形成经历了一个曲折的过程。第二次世界大战爆发前夕，欧洲移民中的几位犹太人科学家获悉纳粹德国正在着手研究核裂变技术，企图利用最新的科学成就制造原子弹来充当杀人武器的消息，觉得有必要提醒美国当局，以促使他们及早采取措施。1939年3月17日，流亡美国的著名物理学家费米前往华盛顿游说，却受到美国海军上将胡珀的冷落。在胡珀上将看来，原子弹出现的可能性简直太渺茫了。1939年7月，几位流落美国的科学家在一起研究，一致认为必须直接说服白宫首脑。于是，司济拉德等人到普林顿大学，找到声望和权威上可以影响美国总统的当代著名科学巨匠爱因斯坦，请他写信给罗斯福，建议美国尽快研制原子弹，以抢在德国之前。爱因斯坦答应了科学家们的请求，他于8月2日字斟句酌地给罗斯福写了封长信，并附上科学家们的签名。他在信中说：“利用大量铀进行核裂变链式反应已成为可能，这样将产生巨大的能量和生成类似于镭的新元素……，这一现象将导致制造炸弹。虽然还不能肯定，但可以设想制造出一种威力巨大的新型炸弹，……只要一枚这种炸弹就足以毁灭一个海港及附近地区……。”（王仲春、夏立平著：《美国核力量与核战略》，国防大学出版社1995年版）这封信通过罗斯福的好友、非正

式顾问亚力山大·萨克斯博士，于10月11日传给了罗斯福。尽管罗斯福开始对信中内容将信将疑，然而这位明智的总统却没有重蹈当年拿破仑拒绝富尔顿关于制造蒸汽舰船建议的覆辙，最终还是接受了爱因斯坦的建议，并当即决定成立"铀顾问委员会"，专门负责"裂变弹"的研究工作。1940年6月，"铀顾问委员会"被纳入新成立的以万尼瓦尔·布什博士为主席的"国防研究委员会"。布什不仅是总统的首席科学顾问，还是美国行政当局最高决策小组的成员。这样，军事利用原子能的问题就被列入美国最高决策层的议事日程。但是，在这一个阶段，由于经费和其他方面的原因，原子弹的研制工作进展不快。直到1941年12月7日，日军偷袭珍珠港，美国被卷入第二次世界大战后，研制原子弹的步伐才开始加快。1942年8月，根据布什的建议，美国在哈曼顿地区建立了一个研究机构，作为制造原子弹的领导机关，并把原子弹的研制计划命名为"曼哈顿工程"，列为国家"绝密"项目。物资器材的供应就也由AA-1级升为AAA-1级，取得了供应和保障的优先权。至此，一个规模空前、耗资巨大的原子弹研制工程计划正式拉开帷幕。该工程计划在许多地点同时展开，其中最主要的几项工程是：

第一，建成了世界上第一座原子反应堆。1942年12月2日，在芝加哥大学斯塔格运动场的看台下面，由费米领导建成了人类历史上第一座铀-石墨反应堆。这个装置宽9米，长10米，高5.6米，内装6吨金属铀和46吨铀的氧化物，铀与石墨分层相间，共装57层。这个装置总重量达1400吨。由于这个装置形状象堆，又为保密，故称之为"堆"，而且一直沿用至今。这个核反应堆建成的当天下午3时36分，裂变反应开始，链式反应持续28分钟，到4时04分，从实验堆中制造出0.5克钚。这次人类历史上第一次实现的人工控制的核反应，从而在实验上验证了链式反应理论的正确性，为30个月后研制成原子弹提供了可靠基础。

第二，建立橡树岭铀-235工厂。1942年，在依阿华州立大学

由佩汀主持研究解决生产铀的技术问题。次年6月,便在位于田纳西州的橡树岭建立了铀-235生产厂,也称克林顿工程局,到1945年5月,招雇工人最多时达8.2万人,是"曼哈顿工程"的主要项目之一。1944年10月底,首批铀-235出厂,又经过8个月,用气体扩散和电磁分离两种方法,共生产出20千克铀-235。这足够装填一颗原子弹了。

第三,建设汉福莱特钚-239工厂。在研究铀-235生产的同时,也加紧对生产钚的研究。自1943年2月28日始,在汉福莱特建设钚-239工厂。原定设8个分离厂,最终建成3个。在此之前,一些工作由杜邦公司雇用了一万多名合同工承担。三个分离厂建成后,汉福莱特工地的临时工棚里,最多时住有6万人。由于开始生产非常困难,到1943年12月,才生产出2毫克钚-239。12月23日,诺贝尔奖获得者、核研究室主要负责人康普顿博士写信给国防委员会,要求给予全力支持。在这种情况下,汉福莱特钚工厂得到了加速建设。到1945年7月,生产出60千克钚-239。这足够装填两枚原子弹之用了。

第四,开设试验场和成功地试爆第一颗原子弹。经过多方努力,当第二次世界大战接近尾声时,美国终于造出世界上最早的一批三颗原子弹。其中一颗钚弹用于试验,另外两颗代号分别为"小男孩"和"胖子"的铀弹和钚弹,先后于1945年8月6日和9日投掷在日本的广岛和长崎。进行原子弹试爆,需要有相应的场地及配套设施。为此曼哈顿工程总负责人格罗斯夫和原子弹总设计师奥本海墨走了许多地方,最后,他们选定了新墨西哥洲洛斯—阿拉莫斯附近的阿拉墨果尔多空军基地。试验场的长度为38.6公里,宽29公里。当时奥本海默取基督教圣父、圣子和圣灵合为一神的"三一圣体"之意,将这个试验场命名为"三一试验场"。7月15日,世界上第一颗钚弹被置放在"三一试验场"中的一个30.5米高的钢塔顶端,翌日清晨5时29分45秒,人类史上首枚原子弹成功

地爆炸了，当量为1.9万吨梯恩梯。爆炸的巨响在160公里外都可以听到，290公里外的新墨西哥州锡佛耳城有玻璃窗被震坏，高大的蘑菇云上升到1万多米高的天空。这次原子弹试爆成功，使核裂变技术用于军事目的成为现实。然而，它并不是曼哈顿工程计划的一个"句号"。作为该工程计划的一个组成部分，美国将原子弹用于战场的准备工作几乎是与研制工作同时进行的，以至于酿成日本的广岛、长崎两市倾刻之间被夷为平地，并有20多万人伤亡的惨剧。

三、原子聚变与氢弹技术

氢弹是利用氢的同位素氘、氚等轻原子核的聚变反应瞬时释放出巨大能量的核武器。亦称聚变弹或热核弹。氢弹的杀伤破坏因素与原子弹相同，但其威力比原子弹大得多。一般说来，氢弹的威力可大至几千万吨梯恩梯当量，而原子弹通常为几百至几万吨。同时，氢弹还可以通过设计增强或减弱某些杀伤破坏因素，从而使其战技性能比原子弹更为优越。因此，从核武器的发展史来看，热核聚变反应制成的氢弹属于第二代核武器。

所谓热核聚变反应，是指带电原子核在高温下发生聚合的反应。带电原子核的聚合反应是通过各种不同的轻核的结合来实现的，它必须在足够的动能作用下才能克服静电斥力而彼此靠近，聚变反应也才有可能发生。提高物质的温度，是使大量原子核增大动能的重要途径。原来物质的原子核一旦在高温下结合在一起，便会形成具有很大结合能的新的原子核，此时会有大量能量被释放出来。氢弹就是把热核装料加热至一定的高温而使之发生聚变反应的。需要指出的是，氢弹中的热核聚变反应，仅在反应的开头需要由外部热源建立高温，反应一旦开始，则可借助于自身的能量保持下去。不过，启动聚变反应的外部热源必须能够满足热核装料自持燃烧的条件，就是说，使燃烧区中能量释放的速率大于能量损失的速率。这种条件除与热核装料本身的性质、装量、密度、几

何形状等有关外，对燃烧区的温度要求一般要达上千万甚至几亿摄氏度，并能维持足够的时间。不言而喻，氢弹中热核反应所必需的这种高温、高压等条件，只能由原子弹爆炸来提供。因此，氢弹里都装有一个专门设计的起爆原子弹，通常称之为“扳机”。

氢弹主要由“板机”即核起爆管、热核装料和装药外壳三部分组成。当氢弹接到起爆的指令时，第一阶段是核起爆管内的铀或钚先发生裂变，并放出大量中子和 X 射线。起爆管和弹壳的特殊形状和结构能使伦琴辐射集中于热核装料内，使之急剧升温，同时产生的热浪压缩热核装料，从而引起热核反应。此时，爆炸随即进入第二阶段——氘核和氚核的聚合。聚合反应过程中放出的总能量将有 70% 被快中子带走。如果装药外壳是由成本较低的天然铀 - 238 制造的，那么快中子将引起铀 - 238 发生裂变。这便是爆炸的第三阶段。以“裂变 - 聚变 - 裂变”原理为基础的氢弹，叫做三相弹或混合弹。这样，热核武器可以有一相、二相和三相这三种不同的核装药。三者不仅在爆炸当量上，而且在杀伤性能方面都不一样。这关键取决于热核系数，即聚变反应释放出的能量对该当量的爆炸能量总数之比。增大热核系数，可减少放射性物质的单位产量，从而提高爆炸的“干净度”，缩小放射性沾染的规模。

氢弹是在原子弹的基础上发展起来的，但对氢弹的设想并非是原子弹问世之后才有的。在理论探索方面，早在一个世纪以前，科学家亥姆霍兹就提出了太阳辐射的能源是什么的问题。1938 年，德国物理学家贝脱雷就这个问题第一次做了满意的回答，认为聚变反应是恒星辐射的能量源泉。1942 年，美国科学家在研制原子弹的过程中，就专门讨论了聚变热核炸弹问题，来自匈牙利的著名物理学家爱德华·泰勒提出了制造聚变式炸弹的可能性。在二战尚未结束时，后来被称为“氢弹之父”的泰勒就领导着一个小组开始了代号为“我的宝贝”的超级炸弹的研究工作，并于 1946 年春给当时美国作战部长史汀生的特别委员会写了关于制造氢弹的报

告。然而,由于技术和其它方面的原因,特别是日本广岛、长崎劫难后,包括爱因斯坦和奥本海墨在内的一大批科学家极力反对、抵制制造这种威力比原子弹大得多的超级炸弹——氢弹,结果使泰勒的建议和方案未能付诸实施。

1949年8月29日,苏联的第一颗原子弹爆炸成功,这标志着核武器的美国独家垄断已不复存在。从此,美苏两家垄断与反垄断的核竞赛进入了一个新阶段。毫无疑问,这使得争夺热核武器的领先地位变得更加迫不急待了。在这种情况下,泰勒又恢复了他的活动。在泰勒的促动下,1949年10月29日由那云斯等9名科学家组成的顾问委员会召开了会议,结成了推动氢弹计划的一个集团,并由麦克马洪直接写信给杜鲁门总统。虽然原子能委员会的大部分委员投票反对进行这一计划,但杜鲁门出于其全球战略需要,最终还是于1950年1月31日宣布:"我已命令原子能委员会继续研究各种类型的原子武器,其中包括氢弹或超级炸弹。"随后,美国研制氢弹的工作抓紧进行,经过不到两年的努力,于1952年11月1日在马绍尔群岛的恩尼威托克珊湖岛进行了世界上首次氢弹原理试验,代号为"迈克",试验装置以液态氘作热核装料,爆炸威力达1000万吨以上。由于该装置连同液体氘冷却系统重约65吨,液体氘也不便于装备在飞机上发射,因而不能作为武器使用。正当美国改进技术,加快研制可用于实战的"干式"氢弹时,苏联于1953年8月12日宣布,成功地试爆了固体氘化锂100万吨当量的"干式"氢弹,并声称这是世界上第一颗氢弹。这一消息使美国感到震惊,于是美国决定研制更加新型的氢弹,即"裂变—聚变—裂变"型三相弹,并于1954年3月1日在太平洋比基尼岛上成功地进行了地面爆炸试验。这颗氢弹重20吨,热核装料为固体氘化锂-6,实际爆炸威力为理论估计值的两倍,达1500万吨梯恩梯当量,完全破坏半径为4.8公里,严重破坏半径为19.2公里,轻微破坏半径为56公里,人员可能被杀伤半径为130公里。

放射性沾染面积也非常之大。从此，美国拥有供实战用的氢弹。苏联也于1955年制成了可供飞机携载用于实战的氢弹。

第二节　20世纪50至60年代军事核技术的发展

20世纪50至60年代，核武器和军事核技术进入了一个全面发展的新时期。这一时期，英国、法国和中国相继掌握了核技术，并分别于1952年10月3日、1960年2月13日和1964年10月16日成功地试爆了原子弹，这表明军事核技术不再是美国和苏联的“专利”，超级大国的核垄断、核讹诈已失去原有的效应。于是，美苏便迫不及待地进行军事战略调整，发挥各自的技术优势，展开了空前激烈的核竞赛。他们大力研制、生产战略战术核弹头，发展完善核运载投射系统，充实自己的核武器库，从而使他们的核力量体系达到了相当完备的程度。在这一阶段，美国和苏联分别作为两大军事集团的轴心国，在军事核技术方面一直起着“领头羊”的作用，保持了较大的优势。

一、核武器型谱化技术

所谓核武器型谱化，是指既有用于袭击敌方战备目标的战略核力量，又发展了主要在战场上用于打击敌人战斗力量的战术核武器，从而使核武器形成了门类齐全，功能完备的庞大体系，成为主导军事战略战术的决定性因素。核武器的型谱化，是在美苏军事战略调整的背景下，以50至60年代军事核技术的迅速发展为前提的。从军事战略方面看，美国自1953年起已从“遏制战略”转变为“大规模报复战略”，核战略也从早些时候的“核讹诈”转向“全面核大战”；而苏联则于1954年开始把可用于实战的核武器装备部队，军事战略也开始由常规战争战略向新的“火箭核战略”过渡。这表明，他们都十分强调核战略在整个军事战略中的突出地位，强

调打全面核战争和有限核战争，而要进行并赢得核战争，就必须大力研制、生产各种各样的核武器，使之型谱化。在技术方面，美国和苏联的裂变材料生产技术已经过关，完全有能力提供大量的核材料；特别是50年代前期热核武器研制成功，以及50年代中后期各种运载工具的纷纷出现，更是为核武器的发展开辟了广阔的前景，也使之型谱化有了坚实的物质技术基础。在这种情况下，核武器的研制、生产出现了"大跃进"局面。这一时期，军事核技术发展围绕着"型谱化"突出表现在以下几个方面：

一是核弹头向多品种、系列化方向发展。这是核武器型谱化的必然要求，也是核技术发展必须解决的一大课题。50至60年代，在原子弹、氢弹的基础上，美国又开始研制加强辐射型的中子弹。核弹头的品种也由航弹、导弹发展到核炮弹、核地雷、核鱼雷、核水雷等。在威力档次上，一方面当量大幅度增加，尤其是热核武器，由于其装料没有临界质量的限止，因而为大威力武器的发展提供了广阔的空间，如1961年苏联试验了一个威力为5300万吨梯恩梯当量的热核装置，这是迄今为止最大的一次核爆炸；另一方面又出现了小当量的核弹药，为发展战术核武器创造了条件。以美国为例，从1956年到1967年底，美国有51种新型和改进型核弹头进入现役和库存。其中包括12种新设计的核航弹和深水核炸弹（B22、B24、B26、B27、B28、B29、B36、B39、B41、B43、B53、B57）、25种战术核弹头和11种战略导弹弹头。25种战术核弹头中，有8种是陆军近程导弹弹头（"红石"导弹的W29和W39、"诚实约翰"火箭和"奈基Ⅱ"导弹的W31、"曲棍球"导弹的W40、"小约翰"导弹的W45、"潘兴Ⅰ"导弹的W50、"中士"导弹的W52、"大卫·克罗克特"导弹的W54），还有5种海军防空或反潜导弹核弹头、5种核地雷、4种核炮弹、3种空射导弹弹头。11种战略导弹核弹头是："天狮星"导弹的W27、"大猎犬"和"马斯"导弹的W28、"宇宙神"和"大力神"导弹的W38、"鲨蛇"导弹的W39、"波马克"导弹的

W40、"北极星"导弹的 W47 和 W58、"雷神"和"大力神"导弹的 W49、"大力神Ⅱ"导弹的 W53、"民兵"导弹的 W56 和 W59。这些品种多样、门类齐全的核弹头，有效地保证了美国战略战术核力量发展的需要。从 60 年代初到 70 年代初的大约 10 年间，苏联也有 30 多种新型核弹服役和入库。

二是提高比威力和使之小型化。所谓比威力，也就是核装置的爆炸威力与重量的比值。其大小是核武器技术水平高低的重要标志。在这一方面，经过 60 年代的大发展取得了相当可观的成效。如美国 70 年代初装备的"民兵Ⅲ"导弹的核弹头，其长度仅有 1813 毫米，底部直径为 543 毫米，重约 180 千克，威力却近 35 万吨梯恩梯当量，其比威力约每千克 2000 吨梯恩梯当量。这与美国在长崎投下的重 4.5 吨、威力约 2 万吨的原子弹相比，比威力提高了 400 多倍。比威力的大幅度提高，使核弹的小型化成为可能。从 50 年代后期，百吨一万吨级的核炮弹、核地雷等各种型号的小型核装置纷纷出现，并陆续装备部队。如美陆军于 1959 年至 1961 年装备的 M－109A1/A2 榴炮和 M110A1/A2 自行榴炮，分别发射当量为 100 吨的 W48 核弹头和当量为 1.2 万吨的 W33 核弹头；从 60 年代起，美陆军还装备了中型和特种核爆破装置，前者是一种重约 181 公斤的核地雷，当量为 0.1—1.5 万吨，由工兵分队埋设；后者也是一种核地雷，重约 68 公斤，当量不足 1000 吨，供特种部队潜入敌后埋设。这表明，核战斗部的小型化已基本适应了战术核力量的发展需要。

三是改进和提高核武器适应各种使用和作战环境的能力。随着各种核武器的大量生产并装备部队，50 年代末到 60 年代后期，美国基本上形成了陆基、海基和空基三位一体的战略核力量。苏联也于 1960 年成立了战略火箭军。战术核力量在解决了小型化问题之后也快速地发展起来。在这种情况下，如何提高核武器在核战争环境中的突防能力、生存能力和安全性能，已成为核武器研

究、发展的不可忽视的重要方面。因此，这一时期，各有核国家特别是美国和苏联，在大力发展多种运载发射工具的基础上，先后采用了井贮和地下、水下发射、改进导弹的推进剂、增设弹头突防装置、遥控快速变换攻击目标等先进技术，从而有效地增强了核武器的生存能力，大大缩短了发射反应时间，进一步提高了命中精度和作战灵活性。

二、运载和发射工具多样化技术

核运载发射工具作为核武器系统的重要组成部分，就其发展历史来说，与原子弹的研制几乎是同步的。研制原子弹的目的在于使用。这就必须解决运载或发射工具问题。因此，还是第一枚原子弹问世之前的40年代初期，美国便着手准备包括运载工具在内的原子弹使用工作。由于原子弹体积大、重量重，贮存基地又远离袭击目标，因而需要一种远航程重型轰炸机，才能承担这一任务。1943年9月，美国决定用B－29型轰炸机来携带投掷，并于1944年9月30日前完成了一批三架这种飞机的改装工作。这便是最早的核弹运载工具。1946年3月，美国组建了战略空军司令部，已拥有B－29战略轰炸机148架；两年后，又增加了B－36和B－50两个机种，使轰炸机总数增加到500余架。在整个40年代，轰炸机是唯一的核运载工具。

进入50年代，随着核弹头的发展，核武器的运载技术也得到了加强和扩大。一方面，运载飞机的种类不断增加、力量不断壮大，如美国于1951年又研制成功了B－47中程轰炸机，1955年新型B－52轰炸机服役，使轰炸机总数增至1500多架，性能也明显提高。苏联也在50年代初期研制生产了图－4型和最大时速达1000公里的图－16型喷气式轰炸机，1955年11月，开始装备图－95“熊”式和米亚－4“野牛”式远程轰炸机，作战半径分别为8300和5600公里，均可携带核航弹4枚。另一方面，火箭运载技术也开始起步，并与50年代后期取得重大突破。二战结束不久，

美国和苏联便在德国“V－1”、“V－2”导弹基础上，开始研制核弹的火箭运载技术。美国的研制重点是巡航导弹，并于1953年和1955年先后生产出两种可发射核弹头的战术火箭，即“下士”导弹和“诚实约翰”火箭。苏联在火箭运载技术的研制方面更是捷足先登，它以弹道导弹为重点，利用接管德国制造导弹的大批设备和技术人才的优势，于1947年10月首次试射成功了P－1型弹道导弹（射程60－320公里），并从1950年开始独立设计战略弹道导弹。50年代最初几年，苏联相继研制成功了威力和射程更大的P－2、P－3和P－5型导弹。特别是1957年8月，苏联SS－6洲际弹道导弹首次全程发射成功，射程达8000公里。同年，美国研制成功了射程为8000公里的“鲨蛇”洲际巡航导弹，但因性能较差，停止发展，而加紧研制射程为10000公里、携带百万吨级热核弹头的“宇宙神”D型洲际弹道导弹，并于1958年4月开始部署。1958年至1960年，先后有“雷神”、“丘辟特”和“大力神Ⅰ”型等中程和洲际导弹加入了战略核力量行列。

60年代，火箭运载技术的发展迎来了一个“黄金”时代。苏美在第一代战略导弹的基础上，又相继研制、部署第二代和第三代导弹。1964年，苏联战略火箭军开始装备SS－7、SS－8、SS－N－4和SS－N－5型导弹。这些导弹较之第一代有很大改进，动力系统采用了两极串联式可贮液体推进剂火箭体装置，减轻了重量，射程增强至15000公里，并以惯性制导代替了无线电制导，提高了命中精度。60年代中期，美国也陆续出现第二代陆基洲际导弹，主要型号是“大力神Ⅱ”、“民兵Ⅰ”和“民兵Ⅱ”型，其主要特点是地下井发射，采用可贮存液体推进剂或固体推进剂，弹头增加了突防装置，命中精度为1公里左右，威力与可靠性也较第一代导弹大为提高。1966年，美国第一枚多弹头洲际导弹开始服役，从此，集束式多弹头技术便开始用于核运载火箭。从60年代中后期至70年代初，掌握战略核武器运载技术的国家已有美、苏、英、法和中国，而

主要核国家的战略核导弹则开始进入第三代。

在大力发展陆基火箭运载技术的同时,海基潜射导弹和核潜艇技术也迅速成长起来。1956 年,美国开始研制潜射导弹武器系统。第一艘能够从水下发射导弹的核潜艇"华盛顿"号,携带 16 枚当量为 100 万吨、射程约 2200 公里的北极星 AI 潜地导弹,于 1960 年 11 月首次执行海上巡逻任务。"华盛顿"号核潜艇的服役,标志着美国的"三位一体"战略核力量的形成。两年后,另一艘新的海神型核潜艇"拉费特"号下水,所携带的"北极星Ⅱ"潜地弹道导弹,射程达 2800 公里。苏联紧随其后,第一种 SS-N-4 潜地弹道导弹于 1961 年服役,最初部署在 Z 级潜艇上,后来装备在 G 级和 H 级潜艇上。其后继型 SS-N-5 于 1963 年服役。到 1964 年,苏联拥有 23 艘 G 级常规型和 9 艘 H 级核动力弹道导弹潜艇。1968 年,苏联新型 Y 级核潜艇问世,并以年产 8 艘的速度赶超美国。这是苏联第二代战略核潜艇,水下排水量达 9300 吨,相当于美国的"北极星"核潜艇,艇上配备有 16 枚 SS-N-6 潜地弹道导弹,弹头威力为 100 万吨当量,采用单级可贮液体推进剂,最大射程 2400—3000 公里,命中精度也比 H 级潜艇携带的 SS-N-5 潜地导弹提高了一倍,达到 1.85 公里。70 年代初,苏联又部署更加现代化的 SS-N-8 潜地导弹于 D 级新型核潜艇上,它采用两级可贮存液体推进剂,射程达 7800—9100 公里,比美国海神潜射导弹远 1 倍,相当于美国 1979 年部署的"三叉戟"Ⅰ型潜射导弹,但命中精度最高为 1.5 公里,比海神导弹的 0.56 公里相差较大。

这一时期,主要核国家在不断更新战略运载工具的同时,还加快了各种战术发射工具的发展。一方面,火箭运载技术在战术核力量领域得到了广泛应用,使各种战术核导弹、核火箭大量装备部队,如美国的"红石"、"潘兴Ⅰ"、"小猎犬"导弹和"诚实约翰"、"阿斯罗克"、火箭等;苏联的"蛙-7"、"飞毛腿"和"薄木板"等导弹,都

是在这一阶段问世并装备部队的。另一方面，核战斗部的小型化、通用化，使火炮等常规武器也具备了发射核弹头的能力。如美国于1959年开始服役M109A1/A2—155毫米自行榴弹炮，最大射程30公里，可用于发射W48核弹头；M110A1/A2—203毫米自行榴炮于1961装备部队，最大射程29公里，发射W33核弹头，当量小于1.2万吨。其后，于70年代又装备了M－198—155毫米牵引火炮，最大射程30公里，发射核炮弹W48，当量为100吨。这些常规武器的加入，更加速了核发射工具的多样化进程。

三、多弹头高精度导弹核武器技术

自60年代中后期至70年代初，主要核国家出现了分导式多弹头和高精度导弹技术。这标志着导弹核武器开始进入第三代。美国于1970年部署的“民兵Ⅲ”以及70年代中期苏联部署的SS－17、SS－18、SS－19型洲际弹道导弹，便是这代导弹的主要代表。

分导式多弹头是继集束式多弹头之后，在精确制导系统、高比威力核弹头和火箭发动机小型化等关键技术获得突破性进展的基础上发展起来的。它的研制成功，是核运载发射技术发展的一个重要里程碑。其主要特点在于，把原来的单个核弹头改成弹头母舱，内装几个子弹头、发动机和制导设备，具有把每颗子弹头制导到各个不同目标的功能，从而大大加强了战略导弹的攻击力；在突破对方反导弹系统的效能上，比安装加速器等突防装置或发射诱饵弹更有效。

美国是60年代中后期率先发展分导式多弹头技术的，并于60年代末研制成功，配备在“民兵Ⅲ”等导弹上。随后，苏联和法国也相继研制成功了这种技术。1970年，美国开始部署“民兵Ⅲ”洲际导弹。它采用3级固体火箭发动机，惯性制导，携带3颗17—34万吨当量的分导式核弹头，地下井发射，最大射程为13000公里，命中精度为0.185—0.22公里。这种导弹与第一、第二代导

弹相比,不仅突防能力明显增强,命中精度和毁伤效果也大大提高。苏联于60年代末70年代初开发分导式多弹头技术,并于70年代前期研制成功,1975年进行实战部署。这一年,苏联开始装备的分导式多弹头洲际导弹共有3种型号:SS-17、SS-18和SS-19。SS-17携带4颗分导式弹头,每个当量75万吨;SS-19配备6个弹头,每个当量55万吨。这两种型号的导弹最大射程分别为10000公里和9600公里,命中精度都在0.4公里左右,比它们所要取代的SS-11提高了2—3倍。SS-18是苏联最大的洲际导弹,全长36.6米,直径3米,采用2级可贮液体火箭发动机,地下井发射,起飞重量220吨,可运载7.5吨弹头,其中SS-18Ⅱ型可携带8—10颗分导式弹头,每颗当量55—90吨。

分导式多弹头和高精度的导弹技术,是现代高科技用于军事技术的体现。它的研制、发展,适应了现代核力量发展的需要,也反映着核运载发射手段不断更新的一大趋势。目前,这种技术越来越引起各有核国家的高度重视,主要核国家更是加紧步伐,一方面,不断扩大应用范围,把分导式多弹头和精确制导技术广泛运用于陆基、海基和空基核武器系统,以加快实现战略战术核武器的更新换代,如80年代已装备的"三叉戟"型潜地导弹(美)、SS-N-20潜地导弹(苏)、AGM-86B空射巡航导弹(美)、AS-X-15空射巡航导弹(苏)等,都采用了分导式多弹头和精确制导技术;另一方面,它们又不断地研制、部署新型的第四代、第五代核导弹,如美国的MX和苏联的SS-24等大威力、高精度洲际导弹。同时,把分导式多弹头技术与增加弹头的末端制导装置、改进动力推进系统、改变发射方式等高新技术结合起来,进一步提高多弹头的命中精度和摧毁点(硬)目标的能力。从而以巩固和发展它们的核大国地位和核技术优势。

第三节　20 世纪 70 年代以来核武器采用的新技术

如果说 50 至 60 年代核武器发展的最突出特点是量的扩张，那么进入 70 年代以来，随着限制核武器谈判及条约的实施，其发展趋势则更具有鲜明的“质量”特色。因此，这一时期的军事核技术在巩固、改进前期已有成果的基础上，着重围绕提高质量，主要在效应剪裁、可变当量、核战斗部和运载工具通用化以及安全保险等方面，取得了突破性进展。而这些新技术的开发及其应用，又对核武器的质量和性能产生了重大影响。

一、效应剪裁技术

所谓效应剪裁技术，就是通过设计调整核武器的性能，使之按照不同的需要，增强或削弱其中的某些杀伤破坏因素及效应的技术。“增强辐射武器”与“减少剩余放射性武器”都是这种技术应用的成果。前者是将高能中子辐射所占份额尽可能增大，使之成为主要杀伤破坏因素，通常称之为“中子弹”；后者则是将剩余放射性减到最少，突出冲击波、光辐射的杀伤破坏效应，如美国正在研究的冲击波弹、电磁脉冲弹、核爆炸激发的 X 射线激光武器等，都属于这种类型。但这一方面的研究至今尚未看到现实的重大成果。目前，效应剪裁技术的代表作是主要靠增强辐射作用进行杀伤的中子弹。中子弹实际上是一种微型氢弹，也是一种新型的战术核武器。中子多、辐射强、当量小是这种核武器的突出特征。它主要是利用氘、氚原子核的聚变反应来实现的，而不同于“裂变——聚变——裂变”的三相弹。聚变反应与裂变反应相比，由于前者释放同样的能量放出的中子要比后者多得多，如裂变时每释放 200 兆电子伏能量平均只放出 1.5 个中子，而氘氚聚变时每释放 17.6 兆电子伏能量就可放出 1 个中子，因而近似于“纯聚变弹”的中子弹

爆炸，所释放的中子量要数倍于同当量的一般核弹。加上中子弹在结构上采取了措施，尽量减少中子的损失，这就可使上述比值达到10左右。而且，重核裂变反应放出的中子，平均能量约2兆电子伏，氘氚聚变反应放出的中子，能量却可高达14兆电子伏。(卢辉编著:《核化生武器的历史与未来》第66—67页，军事科学出版社1991年8月版)大量的高能中子，能穿透装甲、工事等防护层，大量杀伤对方人员，是对付密集的坦克群进攻的有效武器。此外，由于中子弹是依靠瞬发高能中子杀伤人员的，而中子辐射在空气中衰减又很快，因而增大其当量只能使冲击波和光辐射的破坏半径大于核辐射的杀伤半径，并不能使中子杀伤范围扩大。所以，在地面上使用的中子弹，当量一般不超过1000吨，否则，中子弹的强辐射特性就难以保持。

美国早在50年代末就开始研究中子弹技术，由于多方面的原因，直到70年代后期才完成大量的研究、实验工作。1977年，卡特政府批准生产中子弹，后又决定推迟，但中子弹的关键部件——氚储存器的生产从未停止过。1981年，里根政府下令生产和储备"长矛"导弹的中子弹头和203毫米榴弹炮的中子炮弹，同时加紧研制可供155毫米榴弹炮发射的中子弹。据有关资料记载，1980年前后，苏联、法国等也进行了中子弹实验。

二、当量可调技术

70年代以来，主要核国家的一些核战斗部和核航弹相继采用了先进的当量可调技术，即在核弹设计中，爆炸当量的大小是可变的，并增设可控制爆炸当量的轻核装置，使用时，只需转动弹上的一个度盘，便可选择几种设计当量中的一种。这种技术主要是通过转换器来改变核装置的装料质量、数量或组合结构，从而达到可变当量之目的的。具体说来，主要有三种设计途径：一是在纯裂变装置中，可通过改变链式反应引发的同步性，或者改插含有不同裂变材料量的弹芯来改变当量；二是在助爆裂变武器或装有助爆裂

变扳机的热核武器中，可精确选定从外部容器冲入裂变弹芯的氚气体量，从而实现核装置的当量控制；三是对于带一个或多个聚变级的热核武器，可采取准确控制氚量或改插含有不同裂变材料量的弹芯的方法，来改变爆炸当量。

三、完备引信选择技术

完备引信选择技术，又称爆炸方式全能选定技术。这种技术的原理，是在核弹设计中，其引爆系统对应于不同的爆炸方式是可调的，使用时可根据目标情况的变化，临时拨动弹上的度盘即选调引爆炸装置，便可选定所需要的爆炸方式。比如，B28、B43 等老式航弹，通常有自由降落地爆、减速空爆或减速延迟地爆，但使用时，其爆炸方式必须事先在地面选定，一旦选定，则不可改变。而采用完备引信技术却可根据不同的需要，临时任选其中的一种。这就大大增强了航弹使用的灵活性，有利于提高其杀伤效果。

四、禁区技术

禁区技术设计就是将核部件和引控系统封装在禁区的档板之后，临界装置位于不带电源的弹体后部，电源和环境传感信号发生器装在外面。这样，档板可以保护弹内的部件，减小冲击。这种技术设计，主要用于空投的攻击点目标的核航弹，其目的在于为执行投弹任务的飞机提供一个远离“禁区”的时延。如美国的 B61－4 型和 B61－5 型航弹就采用了这种技术。使用这种航弹攻击点目标，即使不用降落伞投弹，弹体碰到混凝土建筑时变形，航弹也不会立即爆炸，还要等 18 秒钟，待投弹的 FB111 飞机远离后再爆炸。

五、超纯钚技术

所谓超纯钚是钚－240 含量低于 1％的钚。钚作为核装料，其纯度对核武器的质量有很大影响，钚－239 是通过反应堆生成的，但在生成物中含有钚－240 等其它成份，而钚－240 含量越多，过早点火的几率就越高，从而使核武器威力达不到设计目标。如美

国于50年代末60年代初署在欧洲的约7000枚核武器,大部分是老式战术裂变弹,所用钚的成分:钚-239为93%,钚-240为6%,钚-241及其它杂质为1%。这不仅降低了核武器的效率,也会给生产、维护和使用人员带来较大危害。因此,目前主要核国家为获得超纯度的钚-239,正在研究一种特殊的同位素分离法,即采用气态铜系统的激光同位素分离法。有关研究表明,采取这种方法可使钚中的钚-240含量降低到1%以下。

六、插件式核部件技术

插件式核部件技术,实际上是一种武器系统的"标准件"技术。它是通过将航弹和弹头进行专门设计,使之与特制的核部件相匹配。在常规战争中,可作为常规武器使用;一旦转为核战争,只要在这种航弹和弹头中取出常规部件、插入插件式核部件,就可以作核武器之用。

七、安全保险技术

随着核武器的急剧膨胀,进入80年代,核武器安全问题越来越引起有关各国的广泛重视。于是,核武器的安全保险技术也随之发展起来。目前,有核国家特别是掌握先进核技术的国家,在解决核武器安全问题上采取了一系列的技术性措施,主要有:

密码锁,全名是电子密码开关有限试验系统。其作用在于使不掌握密码的人无法引爆核武器。它是通过设置加密装置来起安全保险作用的。要起爆核武器,须首先将正确的密码信息输入译码器,译码器才会发出指令,使弹头电路解除保险,这就能够防止未经批准的人员对武器擅自采取行动。目前使用的密码锁有B、C、D、F四种类型,其中,C型为6位数单一密码开关;D型为6位数复码密码开关;F型为12位数复码密码开关。密码输入时,只允许出现2—3次错误,超过此数武器便失灵,须经重新检修方可使用。故称"有限试验系统"。

指令失效系统,又称自毁指令系统。它是一种惯性的非暴力

性密码起失效装置，输入自毁密码便会起动，并有选择地破坏武器关键部件，使武器不能使用。若要重新使用，须拆卸重修。这一装置与贮存容器结为一体，是为了预防核武器发生意外事故而设计的自动保险装置。

软连接和硬连接系统。它是防止弹头电系统偶然电涌而导致核事故的安全装置。当核武器处于异常环境，有可能使硬连接部分即保险装置失灵而导致点火，这时，软连接部分就会在点火之前按预定程序使武器失效

钝感高能化学炸药。这种炸药比通常武器中使用的炸药更安全，使核武器受到撞击、枪击、雷击或遇高温时，减小化学炸药爆炸的可能性。

一点安全设计。这种设计使高能炸药的任一点发生意外爆炸时，仅产生 4 磅梯恩梯当量，核反应的几率不超过百分之一。

此外，点火系统设置的单一信号发生器、核航弹和核炮弹用的气压传感器等，都属于核武器安全保险装置。需要指出的是，现代核武器的安全措施往往不是单一的，而是多种手段的综合，从生产、部署、管理到发射、爆炸，每一环节都有严格的经过精心设计的安全保险设施，从而构成了现代核武器的“安全网”。

第十五章　导弹技术

导弹是一种依靠自身动力装置推进，由制导系统引导，运载战斗部到达预定目标的武器系统。自 20 世纪 40 年代诞生以来，因其卓越的战斗性能，受到了人们的高度重视，成为近几十年中发展最快的武器系统之一。导弹也是装备的国家和地区最多的先进武器之一，是当今高科技战争的主角。

第一节　导弹的出现与发展

导弹是随着科学技术的发展和战争的需要而出现的，在几十年的发展中，经历了由不成熟到成熟、由简单到复杂、由单一到多样化族系化的过程。

一、导弹的早期探索

导弹主要由三个部分组成：战斗部（亦称弹头）、制导系统、推进系统。就导弹的推进技术——火箭推进技术而言，有较长的历史可以追溯。火箭起源于中国，是中国古代重大发明之一。北宋后期，民间流行的能升空的“流星”（亦称“起火”），已利用了火药燃气的反作用力。南宋时期，出现了军用火箭，这种火箭的火药是最早的黑火药，黑火药被装在一个用厚纸卷成的半封闭的药筒（也有用竹筒或金属筒的）里，一根引火线插在黑火药内，药筒被捆绑在弓箭的箭身上，当点燃引火线，药筒内的火药燃烧，产生的气体从箭筒后喷出，火箭便获得推力向前飞去。公元 13 世纪，中国的火箭技术传到了欧洲，曾被列为军队的装备。与原始火箭不同，它发射的不再是箭，而是具有不同用途的火箭弹了，并且有了日趋完善

的发射装置。1845年,英国制造了格里火箭弹,这是最早出现的涡轮式火箭弹,它通过弹体的转动来保证火箭弹飞行的稳定性。这一时期火箭的性能明显优于火炮,它的射程远,发射架轻便,便于携带,也能供骑兵使用。它的射击准备时间也短,发射速度每分钟可达6发。其主要缺点是:射击精度不高,弹着点分布面积大。到19世纪60年代,出现了线膛炮。线膛炮的射程远、精度高的优点,使当时的火箭相形见绌。其后几十年,火箭的发展基本停顿下来了。

20世纪初,俄国科学家齐奥尔科夫斯基提出建造大型液体火箭的设想和设计原理,为现代火箭技术的发展奠定了基础。1920年,美国物理学教授R·H·高达博士对火箭发动机进行研究,写出了《到达极端高度的方法》的论文,并在1926年3月16日,在多次实验的基础上,成功地发射了世界上第一枚以液氧加煤油的无控液体推进剂火箭。火箭升高至60余米,速度约为97公里/小时。到了30年代,由于高能火药的出现、冶金技术的发展及空气动力学的进步,火箭技术重新又获得人们的重视,在第二次世界大战中,火箭及火箭武器有了新发展。在这期间,美国、苏联和德国的进步最大。为了火箭飞行的稳定出现了尾翼;普遍采用涡轮式发动机;以拖车式火箭炮为主;火箭种类多,以对付不同性质的目标,德军还发展起来了高射火箭武器;使用燃料为固体火药。这些进步,对以后导弹的设计制造、发射方式、导弹的系列化,都有启发作用。

作为导弹技术的核心的制导技术,是随着飞机和电讯技术的出现,在不断的探索中逐渐发展起来的。第一次世界大战期间,飞机被用于侦察、轰炸、对地射击,这使人们联想到可否用无线电遥控飞机去轰炸敌方目标。飞机的飞行与弹丸及炸弹的飞行本质上是一样的,作控制飞行的也可以是一枚炸弹。最早从事这项技术研究的是曾驾驶世界上第一架飞机飞行成功的奥维尔·莱特和及

其两个伙伴。他们合作装配并试验了世界上最早的一颗被命名为“甲虫”的导弹。这枚导弹实际上是一般飞机的缩小型。由于遥控装置的不成熟，实验没有成功。1924年，美国特别拨款发展无线电遥控飞机。1935年，业余无线电航模爱好者古特兄弟制造出了无线电遥控飞机，并成功地进行了完全用无线电控制的飞行。后来，美国陆海军把遥控飞机当作靶机，用于部队的训练。这时的飞机均是以内燃机和螺旋桨作动力的，这种遥控飞机还不能变成导弹。

二、实战导弹的出现

火箭出现了近千年后，导弹才开始登上历史的舞台。这是因为科学技术发展到20世纪30年代末期，才提供了研制导弹的技术基础，同时在军事上了提出了研制这种武器的需求。第二次世界大战后期，德军节节败退。为了挽回败局，德军加快了其秘密武器的研制，并在战场上运用，这就是希特勒的“复仇武器”1号和2号，也就是被称为“V－1”和“V－2”的导弹。这是世界上第一次出现在战场上的导弹。1944年6月13日凌晨3点30分左右，德军从被其占领的比利时、荷兰、法国等隐蔽地域的发射架上，向伦敦及北部的重要城市，发射了8070枚“V－1”型导弹。1944年9月8日6时43分，德军又从荷兰的瓦沙那尔森林中，向伦敦等城市发射了“V－2”型导弹。导弹的袭击，给伦敦和英国的一些其它城市造成了较大的毁伤。导弹的与众不同的呼啸声、巨大的破坏力以及对这种新奇武器的未知，给居民带来了巨大的心理恐惧，也使得盟军大为震惊和高度重视。在此后的一段时间里，摧毁德军的导弹工厂和发射基地，成了盟军的一项重要任务。在最后消灭法西斯的过程中，同盟国各方都注意努力收集德军的有关导弹的资料和网罗这方面的人材。尽管这两种导弹武器没有能够挽回德国法西斯最终灭亡的命运，但是作为一种威力巨大、射程较远的新式武器，它展现了导弹武器巨大的生命力和发展的广阔前景，并使导

弹和火箭技术的发展,进入了一个新的时期。

德国从20世纪30年代初就开始了对火箭和导弹的研究。虽然研究晚于美国,但它对火箭的研究是直接为战争服务的。1932年,德陆军开始液体火箭的研究,1936年列为军事技术重点实施计划,为此耗资4000万美元,建立了一个规模宏大的火箭研究发展实验室,其中有著名的年轻的火箭专家维尔纳·冯·布劳恩。战后,布劳恩到了美国,为美国的导弹和航空航天事业做出了巨大的贡献。经过近10年的研究,终于研制成"V-1"和"V-2"两种导弹。

"V-1"导弹是世界上最早用于实战的巡航导弹。巡航导弹是指具有飞机动力形式并携带战斗负荷的无人驾驶有翼式飞行器,它的显著特点是弹道主要部分作定态等速水平飞行,通常采用空气喷气发动机。"V-1"的外形就象一架无人驾驶飞机,弹体采用传统的飞机构架和尾翼构造,中单翼,设有控制滚动的副翼;采用以汽油为燃料的脉动式喷气发动机,发动机装在机(弹)身后上方;以陀螺驾驶仪导航,风轮测速计控制射(航)程;可携带1000公斤炸药的战斗部,最大射程为250公里;弹长7.6米,翼展5.3米,起飞重量2.7吨;采用倾斜发射,发射台长50米,高的一端距地面约5米。由于这种导弹飞行的速度低于音速(每小时仅为640公里),发动机工作时还会发出间歇的轰鸣和闪亮,所以很容易被盟军的战斗机截击。还由于这种导弹的导航仪器水平还不高,质量也差,许多"V-1"导弹还未飞到目标,便自行坠毁了。

"V-2"导弹是最早用于实战的弹道导弹。弹道导弹的飞行轨迹可以分为三个阶段:主动段、自由段、再入段。弹道导弹飞行过程是这样的:导弹飞行的第一阶段由导弹发动机推进,到达主动段的末端,弹头与弹体分离,依靠主动段获得的能量,导弹在接近真空的环境下作惯性飞行,到达最高点,能量用完后,在地球引力的作用下,导弹开始向下运动,到达离地面约80公里的高度时,进

入再入段，导弹飞行处于稠密的大气层内，快速飞向目标。从论证到生产试制，该型导弹共经过了7年时间。这种导弹采用了液体火箭发动机为动力，使用酒精和液氧为推进剂，每分钟消耗酒精4吨，液氧约5吨；弹体中悬挂着液氧贮箱和酒精贮箱，前段有位置陀螺仪、加速度表等测量控制仪器。第一枚射向伦敦的该型导弹的主要战术指标是：总重13吨（其中燃料8.5吨）；弹长14米；推力27吨；稳定翼展2.2米；最大飞行速度1500米/秒；战斗部为1吨烈性炸药。其工作原理及过程是：酒精与液氧在燃烧室内混合并燃烧，经喷管喷射而产生巨大的推力。火箭最初用无线电信号控制燃气舵以调整推力方向，从而控制导弹的飞行姿态；导弹沿垂直方向发射，上升到6千米时，由自动驾驶仪转为沿45度仰角向上斜飞，当速度达到设计值时，关闭发动机，靠惯性沿抛物线飞行；其飞行弹道最高点约80千米，射程为320千米；时速最大达5700千米，整个飞行时间为3—4分钟。由于其飞行速度比“V－1”快得多，当时还无法对其进行防御。

导弹发明以后，美、英、德等国为了取得在战场上的主动权，纷纷加紧了研究。德国在“V－1”、“V－2”导弹的基础上，进行了导弹的系列化尝试。“V－2”的一种改进型是供潜艇使用的，准备用来袭击美国的东部沿海目标。它装在特制的容器里，由潜艇拖带越过大西洋，抵达一定的距离后再行发射。潜艇水下发射在战争结束前也已试验成功。他们还进行了多级火箭的研制工作，其中有二级的“莱茵女儿”式和四级的“莱茵使者”式导弹。他们研制的有制导的炸弹，曾在1943年将意大利的战列舰“罗马”号击沉。为了更好地控制导弹，他们还研制了有线制导的空对地导弹；为对付盟国的轰炸机群，又研制了地对空导弹，其中有龙胆式、蝴蝶式和瀑布式。由于战争临近结束，德国所研制的这些导弹没有达到实用水平。与此同时，为了适应太平洋战争的需要，美国在第二次世界大战结束前，也研制出了自己的最早导弹，其中有大型的空对地

导弹“小牛草”和1945年投入作战使用的无线电制导的“蝙蝠”式空对舰导弹。

三、二战后导弹的迅速发展

导弹作为一种新型武器的出现和使用，引起了各主要国家的极大兴趣。第二次世界大战结束后，这些国家都投入了极大的人力和物力，调用一切可能的科技手段，加强了导弹的研究和生产，出现了导弹技术迅速发展的局面。目前，世界上能够自行研制导弹的国家约20多个，装备有导弹的国家和地区有90多个。50多年来，各国共研制了各类导弹(包括改进型)600种以上，除了将近200种已经淘汰和退役外，目前正在研制、生产和服役的约有400种，其中正在服役的约有300多种，正在研制和生产的约有100种左右。中国的导弹技术也从无到有，步入了自行研制导弹的重要国家之列。战后导弹技术的发展大致经历了四个阶段，与此相对应，导弹发展经历了四代。

早期发展阶段。从1945年到50年代初的朝鲜战争期间，是战后导弹发展的初期。第二次世界大战结束前夕，苏军占领了德国的导弹试验基地和制造工厂，缴获了两枚完整的“V－2”型导弹和大量的技术资料，俘虏了百余名火箭专家和一批技术人员。与此同时，美军占领了德国的导弹发射基地，缴获了100多枚“V－2”型导弹和重达1吨多的技术资料及图纸，还缴获了装满300节车厢的“V－2”导弹零部件，俘虏了包括著名火箭专家布劳恩在内的120名工程师和设计师。这些，都成为美国、苏联发展各自火箭和导弹技术的新起点。而英、法两国在战后重建后，也分别于1948年和1949年重新开始了导弹的研究工作。美国从1954年开始，曾先后提出十几种制导系统的方案，并进行了各种制导原理的测试研究；对各种喷气推进技术展开了全面的理论分析和试验；进行了超音速空气动力学、流体动力学、高能化学和燃烧理论以及再入大气层技术的理论研究；建立了大型超音速风洞和火箭试验

靶场，积累了丰富的导弹飞行试验资料。直至1953年，除了在朝鲜战争后期，美国曾使用过退役飞机改装的电视遥控导弹和无线电控制炸弹外，其它国家的导弹，大多尚未服役或装备部队使用。在这一时期，出现了第一代导弹。其主要标志是战略导弹和防空导弹，并已经开始出现采用固体燃料的导弹，研制出了第一代目视瞄准、手控操纵、有线制导的反坦克导弹。第一代导弹存在的主要问题是：导弹系统在地面存放和发射，地面设备复杂；导弹使用的液体燃料只能在发射前临时加注，准备时间长，生存能力弱；命中精度低。这个阶段的研究工作，为以后导弹的发展奠定了基础，也贮备了必要的知识和技术。

大规模发展阶段。整个50年代，导弹武器进入大规模发展阶段。美、苏、英、法等国在前一阶段提出的各类导弹方案，大多得到实施，并相继研制成功。我们今天知道的一些导弹类型，诸如陆基和潜射弹道导弹、远程巡航导弹、地对空导弹和舰对空导弹、空对空导弹、空对地导弹（含反雷达导弹）、反舰导弹、反坦克导弹、反潜导弹以及反导弹导弹等的研制，均在此期间全面展开，进而相继问世。研制导弹的国家也日渐增多，除上述国家外，当时的西德、瑞典、加拿大、挪威、澳大利亚、日本和中国，也在美、苏、英、法的协助下，开始了自己的导弹发展计划。从技术的角度来看，这一阶段的研究成果是在从50年代末到60年代中期，出现了第二代导弹。第二代导弹使早先存在的问题得到了改进。在战略导弹方面，生存能力有了提高，陆基导弹由地面发射改为地下井发射，潜射导弹由水面发射改为水下发射；射击精度也有了提高，陆基洲际导弹的精度，由圆公算偏差8公里降为5.57公里，水下发射的潜地导弹精度提高到2公里。苏联导弹的精度要差一些。与此同时，还发展了对付中、低空目标的防空导弹。反坦克导弹则简化了操作，提高了命中精度，发展了车载、机载反坦克导弹，提高了战术导弹的机动性。

改进和提高阶段。这个阶段在时间上大致包括整个60年代。在大规模发展阶段,各种类型的导弹虽已出现,但因受当时技术水平的限制,普遍存在精度低、结构笨重、体积大、可靠性差、造价高等缺陷,因而需要提高。60年代发生的越南战争和中东战争正好为导弹性能的实战检验和改进提供了机会、提出了要求。在这个阶段,各种战术导弹的性能得到明显的提高;洲际导弹取得了全面的进步:美国在固体燃料火箭、高威力核弹头、惯性制导系统、电子器件、重返大气层技术和多弹头技术方面取得了令人注目的进步;苏联在固体发动机系统、多弹头技术和部署上,也取得了相当大的成绩。洲际导弹的实用化推动了反导弹技术的发展和反导弹导弹的产生。反舰导弹则由于在1967年中东战争中,埃及以苏制"冥河"反舰导弹击沉以色列的"艾略特"号驱逐舰而备受重视,西方各国加速了实战型反舰导弹的研制与生产计划。60年代中期至70年代初,出现了第三代导弹。第三代导弹的技术发展方向是针对反导武器,重点解决战略导弹的突防问题。为此,除研究诱饵、假弹头和抗核加固等突防技术外,还发展了集束式和分导式多弹头技术。

全面更新阶段。70年代以来,导弹发展进入全面更新阶段。装备、研制、改进导弹的国家和地区进一步扩大。军事力量的竞争由数量方面转向质量方面,提出了全面提高导弹质量、性能的客观要求;科学技术的进步、新技术的不断涌现,为导弹质量的提高和全面更新提供了技术前提和技术保证。今天的导弹,无论是其战争威力、制导精度、适应能力,都有了全面的提高。70年代以后,出现了第四代导弹。已取得的技术进步是:在战略导弹方面,着手研究陆基导弹的机动发射技术,研制可机动发射的陆基战略弹道导弹。加紧了机动式多弹头技术的研究。进一步全面提高导弹的突防能力和命中精度,使其具有摧毁点状目标和硬目标的能力。

第二节 导弹技术及其发展

导弹的种类繁多，可以用不同的标准分类。按作战任务可分为战略导弹和战术导弹；按射程远近可分为近程导弹、中程导弹、远程导弹、洲际导弹；按发射点和攻击目标可分为地对地、地对舰、地对空、空对地、空对舰、空对空、舰对地、舰对空、舰对舰等类型导弹；按飞行方式可分为弹道导弹和巡航导弹。此外，还可以按运载方式、制导方式、飞行轨迹、射击精度、控制方式等不同标准，为导弹分类。对一枚具体导弹来说，其类别可以在多种分类中兼而有之，如可称其为车载地对地战略弹道、洲际导弹等等。不同的导弹具有不同的性能，也就有不同的技术要求。但是，作为导弹武器系统，有着共同的技术特性。具体的不同导弹，不过是这些技术的综合、取舍、强化或弱化。导弹技术主要包括：推进技术；制导技术；姿态控制技术；突防技术；发射技术等等。

一、推进技术

导弹作为能够运载战斗部到达目标——这些目标有可能在几千公里之外——的武器系统，其推进装置的作用是不言而喻的。推进装置主要由发动机和燃料两方面构成。导弹推进装置的工作原理是：液体或固体燃料在燃烧室里燃烧，产生的高压高温的流体介质喷出，形成沿导弹纵轴方向的轴向推力，这股推力克服导弹的重力和前进中的其它阻力，推动导弹飞行。导弹推进装置实际上就是一个喷气推进装置。对不同的发动机来说，形成喷气流的流体介质来源不同。火箭推进系统本身带有介质，而空气喷气推进系统是吸入周围空气作为介质的。在导弹推进装置的发展过程中，先后出现了喷气发动机、火箭发动机，液体燃料发动机和固体燃料发动机。它们之间并不是互相取代的关系，而是各自都在发

展。如喷气发动机是最早出现的导弹发动机，但是并没有因为出现了火箭发动机就淘汰了，而是从涡轮喷气发动机发展到涡轮风扇喷气发动机、冲压喷气发动机。各种发动机在发展的过程中还出现了相互融合，如近年来出现的将冲压喷气发动机与火箭发动机结合起来的组合发动机被称为冲压火箭发动机的，就是一例。

涡轮喷气发动机。空气喷气发动机是导弹最早采取的发动机。空气喷气发动机最初是作为飞机发动机而被研制出来的，很快就被作为导弹的一种发动机。这种发动机用燃料作燃烧剂，依靠空气中的氧燃烧，适用于在大气层中飞行的导弹，因其工作时间长，消耗燃料少，常被用作中程以上导弹的动力。与火箭发动机尤其是固体推进剂火箭发动机相比，这类发动机的体积较大，结构复杂，技术要求高，成本高，不适宜使用在短程导弹上。最早用于导弹的空气喷气发动机是涡轮喷气发动机，“V－1”导弹使用的就是此类发动机。涡轮喷气发动机在巡航导弹上得到较广泛的应用。在涡轮喷气发动机的基础上演变出了涡轮风扇喷气发动机。由于涡轮风扇喷气发动机采用了旁通原理，从而可以产生与同一数量级的涡轮喷气发动机同样大小的推力，但是却降低了喷气速度，使其推进效率、经济性能更好，因而具有更为广泛的使用性，但其迎风面积比涡轮喷气发动机大，风扇的空气动力又受到限制，多用于亚音速飞行的导弹。随着技术的发展，涡轮风扇喷气发动机的重量变轻，体积变小，性能更加优越，这就为发展巡航导弹提供了先进的推进系统。美国于20世纪80年代初装备的BGM－109“战斧”巡航导弹，采用的就是一台涡轮风扇喷气发动机。

冲压喷气发动机。当发动机的前进速度达到超音速时，在发动机的进气口上会产生高速流入的气流，这就是冲压升高的情形。这就提醒人们，在发动机的高速前进过程中，会自动产生高压气流，利用冲压升高原理，发动机可以没有涡轮，也不需要压缩机。这种发动机就是冲压喷气发动机。与涡轮发动机相比，不仅前进

速度更快,效率更高,而且结构更为简单。美国在第二次世界大战期间就开始对冲压喷气发动机的研究,以冲压喷气发动机为推力的“黄铜骑士”舰载防御导弹、“波马克”大型地对空导弹,先后于1959年和1967年服役。但是使用冲压喷气发动机的导弹并不多,主要原因一是在近程导弹上,固体推进剂火箭发动机更为简单方便,二是冲压发动机要求的最佳工作环境是超音速状态,这就要求导弹还需要另一个助推发动机,以便使导弹达到超音速,这就出现了导弹设计中想要避免的双发动机问题。克服冲压发动机的不足的方法之一,是将其和火箭发动机结合起来。整体固体火箭冲压喷气发动机就是把助推固体火箭发动机和冲压发动机包封在一个紧凑的推进装置中,以较少氧化剂的富燃料推进剂在空气中的燃烧产生的推力,使导弹获得冲压喷气发动机工作所需要的巡航速度,转而由冲压喷气发动机推动导弹前进。苏联1967年装备的“萨姆-6”导弹使用的就是此类发动机。

液体推进剂火箭发动机。液体推进剂火箭发动机由发动机壳体、燃烧室、喷管、燃料和氧化剂储存装置、点火器等部分组成。燃料和氧化剂在燃烧室外的常压下储存,在比速度和比压下向燃烧室输送燃料和氧化剂,点火器点火,燃烧室内形成的燃气通过具有特殊形状的收敛——扩散喷管加速高速喷出,形成推力。液体火箭发动机的长处在于液体燃料的流量易于控制,可以根据需要变化,从而使推力随之变化,而这正是液体火箭发动机被用于早期导弹的重要原因。在今天看来,这种液体燃料有中等大小比冲量和推进剂平均密度,这是一般导弹所要求的,尤其是对地对空导弹和空对空导弹需要这样的性能。液体推进剂可以是酒精和液氧、聚丁二烯丙烯腈、偏二甲肼抑制红色发烟硝酸等。但液体火箭发动机也有其不足:发动机的结构复杂,制造成本较高;液体燃料昂贵不经济。效率高的燃料挥发性强,而且会排出有毒气体,这样的燃料常有较强的腐蚀性,因而不能在贮存箱里久存,只能发射前临时

加注，准备时间长，还需要较多的保障系统，在实战中有较多的困难。克服液体推进剂火箭发动机的不足，产生了固体推进剂火箭发动机。

固体推进剂火箭发动机。德国在20世纪40年代末就已经研制了这类发动机，并将它安置在“蝴蝶”地对空导弹上。50年代后期，现代固体推进剂火箭发动机产生了。由于其优越的性能，逐渐成为导弹的主要发动机。与液体推进剂火箭发动机相比，在结构上固体推进剂火箭发动机更为简单，它不需要燃料和氧化剂的贮存装置，装药就贮存在燃烧室里。火箭的推力大小与药面的大小成正比，大的燃烧的药面产生的燃气就多，从而产生的推力就大。对不同推力的火箭来说，同样截面积的燃烧室要产生不同的推力，推进剂装药可以做成不同的对称的几何形状，以此来改变装药的表面积。燃烧时间的长短由推进剂装药的长度决定。固体推进剂主要有两种形式：凡是燃料和氧化剂是包含在同一分子内的称为均质推进剂，凡是由燃料和氧化剂适当混合而成的称为非均质推进剂。前一种形式的两种主要成分是硝化纤维和硝化甘油。非均质推进剂最知名的类型是由结晶高氯酸铵作氧化剂和一系列聚合粘合剂中的一种粘合剂作燃料组成的，这类推进剂一般称为复合推进剂，它有似橡胶的固有特性。固体推进剂发动机因为其结构简单，可以做得较小，发动机的推进剂是预制的，不需要更多的保障系统，使用起来方便，再加上推进剂密度大，可行性较高，因而成为各类导弹，特别是战术导弹的主要发动机。固体推进剂发动机也有其固有的不足。典型的固体推进剂的比冲量不及液体推进剂；在按需要改变推力大小方面有其根本性的困难；可能产生有烟的排气；无线电信号衰减现象比较严重；在运输、贮存中对环境条件要求较严格。然而，固体推进剂发动机的简易性、操纵控制的方便性和良好的可靠性，使得人们在将其和液体发动机的对比中，取其之长，从而决定了固体火箭发动机在导弹上应用的优势地位。

二、制导技术

制导技术是导弹的核心技术。没有制导，就没有导弹。导弹通俗地说就是有制导装置的炸弹。没有制导，那就和普通的炸弹没有什么差别了。导弹武器对敌打击能力，主要取决于制导系统性能的优劣。导弹技术的发展，关键的是制导技术的发展，其发展是向着射击精度高，抗干扰能力强，适合全天候作战的方向努力。导弹制导系统是导引和控制导弹按选定的方式，调整飞行路线并导向目标的全部装置。也称导弹导引和控制系统。导弹制导技术是在综合利用自动控制理论、航空和惯性仪表、雷达、电子计算机、激光、红外和电视等技术的基础上发展起来的。除了最早的在“V－2”导弹上已经使用的无线电制导和惯性制导技术外，在导弹的以后发展中还先后产生了光学制导、雷达制导、红外制导、地形地图匹配制导、天文制导、激光制导等十几种技术。依据打击目标对象的特点、导弹的不同性能、制导的不同原理，这些系统大致还可归为四类：自主式制导系统；寻的制导系统；遥控制导系统；复合制导系统。

自主式制导系统。这类制导系统在制导过程中不需要提供目标的直接信息，也不需要导弹以外的设备配合，就能操纵导弹飞向目标，导弹在飞行时，一般不接收外界飞行指导指令。该系统适宜用于打击地面固定目标，一般用在远射程对地导弹上。早期的“V－2”导弹，以后的美国“民兵”弹道导弹、“战斧”巡航导弹就采用了自主式制导系统。使用的主要制导方式有惯性制导以及后来为提高制导精度而出现的天文制导、地形地图匹配制导和导航定位技术。惯性制导是在导弹飞行前，预选一条弹道装入弹上计算机，弹上有一惯性平台（陀螺仪）和惯性测量器件组合，在导弹飞行过程中能随时求出导弹实际航线与预装航线的偏差，控制导弹校正航向。地形地图匹配制导也要预选一条航路，沿预定航路间断地选择一块一块的具有明显地貌特性（高度信息）的小区，将航路标在

各块小区的数字地形图上;发射前,将具有高度标志和环境轮廓的航线预装在导弹上,导弹飞经各小区时,弹上测量设备(雷达高度表)对地形进行测量,得到一张张地形图,尔后弹上计算机通过对两种数字地形图的比较,找出航行偏差(主要是方位偏差),自主地控制导弹校正航向。在这种方法中,地形只是参照物。用地形图像作参照物,叫景像匹配,主要是修正导弹飞行的航向误差;用卫星或恒星作参照物则叫卫星、星际(天文)导航。地形地图匹配技术于 20 世纪 80 年代被用在远程巡航导弹上。其突出的长处在于它的制导精度与射程无关,即使射程达到几千公里,也可达到较高的精度,目前已经做到圆概率误差小于 30 米,今后将进一步减小。

寻的制导系统。根据目标信息,将导弹直接引向目标的技术称为寻的制导技术。这类制导系统被安装在弹上(俗称导引头),它能感受目标辐射或反射的无线电、热和光辐射波。根据测量到的目标参数,在弹上形成制导指令,引导导弹飞向目标。该系统适宜于打击活动目标,其特点是制导的精度高,但制导距离不能太远。多数空对空导弹和一部分地对空导弹采用这种制导方式。当利用反射信号时,必须有信号源。信号源在导弹上的称为主动寻的,在发射平台或其它装备上的称为半主动寻的,在目标上的称为被动寻的。如果再加上信息的物理属性,就变成了雷达(红外)主动寻的、半主动寻的、被动寻的等。由于体积、重量和技术水平的限制,除雷达被动寻的有较大的制导距离外,其它寻的方式作用距离都比较近,常用于近程反舰导弹;近程空对空导弹多为红外被动寻的。在寻的制导系统中采用的制导技术有:红外寻的制导;雷达寻的制导;电视寻的制导。

红外寻的制导技术在 20 世纪 50 年代就开始使用。它是一种被动寻的制导方式,目标发出的红外线信号被导引头捕捉到,引导导弹修正航向达到目标,打击的目标是有热源的,如舰艇、飞机、坦克车辆等。红外非成像制导所获得的只是目标的位置信号,不能

反映目标的形状，故对目标的识别能力较差。现在，正在研究和发展的是红外成像制导技术，它采用多个红外探测元来探测目标的红外辐射，因而可以获得目标红外图像，其图像与电视图像近似，但却可以在电视难以工作的夜间和低能见度下工作。与其它制导方式比较，其制导精度高，可昼夜使用，攻击隐蔽性好。它的缺陷是工作受云、雾和烟尘的影响大，并且会被曳光弹、红外诱饵、阳光和其它热源干扰。

雷达寻的制导技术。其工作原理为对目标的辐射特性的识别。其辐射特性从性质上分，有光、电、声、热等，从波长上分可以是分米波和厘米波、毫米波以及具有单色性、相干性、准直性的激光。在制导系统中有雷达发射机和接收机，发射机发射的辐射能量遇到目标后反射回来，被接收机接收，根据回波信号，制导系统可以完成对目标的捕获、跟踪和定位。一般弹上都安装有接收机。发射机在弹上的称为主动寻的；发射机在弹外，有专门的发射机的称为半主动寻的；没有发射机，只接收目标的能量辐射的称为被动寻的。雷达导引头早已用于地对空、空对空和空对地导弹，如美国海军的“鱼叉”反舰导弹、美国空军的先进中程空对空导弹和高速反辐射导弹。雷达制导导引头无论在白天和黑夜，甚至在恶劣气象条件下均能正确制导，但不同的雷达，其制导有着不同的缺陷。微波（分米波和厘米波）制导存在的问题是波长较长，以致导引头的天线和接收机的尺寸大，重量大，并且它的目标分辨率比红外制导差；激光和毫米波技术是正在发展中的制导新技术，激光制导武器在中东战争中就曾被多国部队用于战场，毫米波制导技术也于1991年在美国赫尔克里士公司为美国空军研制的“幼畜”空对地导弹上使用，但它们的元器件发展不如微波元器件成熟，成本较高，还不能普遍使用。

电视寻的制导技术。它是成像制导技术中的一种，除此而外还有合成孔径雷达成像、毫米波雷达成像和红外成像等成像制导

技术。这是一种被动制导方式，它通过装在导弹头部的摄像机，摄取目标的光学信号，跟踪检测目标，并根据该信息控制导弹直至命中目标。由于电视的分辨率高，可提供清晰的目标景像，不仅制导的精度很高，而且能够鉴别真假目标，同时不受电磁干扰。它的主要缺点是受气象影响大，在能见度低的情况下作战效能差，夜间不能使用，因此不如红外制导应用广泛。

遥控制导系统。这类制导系统是由导弹外的指挥站，测定导弹和目标的相对位置，并给导弹发出制导指令，通过弹上控制装置操纵导弹飞向目标。其使用技术有无线电或有线指令制导技术、波束制导技术。反坦克导弹、空对地导弹、防空导弹、空对空导弹和反弹道导弹采用遥控制导系统。无线电指令制导技术是最通用的遥控制导技术，最初的“V-2”导弹的开始段就是用无线电指令制导的。它的常用形式是微波雷达指令制导，其工作过程是这样的：由制导雷达分别测出目标和导弹的位置和速度，并根据这些数据计算出控制指令，然后发送出无线电遥控指令，纠正导弹的飞行误差，直至命中目标。这种制导方式的作用距离比较远，弹上设备的成本较低。但是易受干扰，而且制导距离越远，精度越低。因此有时只作为中段制导用。有线指令制导技术也是重要的遥控制导技术。有线制导经历了从有线电制导到光纤制导的发展过程。其特点在于，控制指令通过导线传导。有线电制导通过连接弹体的铜导线，将射手根据目测到的目标情况而发出的指令，传导给导弹，从而击中目标。开始，短距离的反坦克导弹就是用此种方法制导的。其不足之处在于这种制导方法对射手的要求很高。光纤制导用光纤代替了铜导线，由装在导弹上的电视摄像机获取目标信息，经传输能力大的光纤送至制导站，形成的指令再由光纤送回导弹。这是新出现的制导技术，其长处在于克服了对射手的依赖，不足之处是成本高。波束制导技术是20世纪60年代以后发展起来的新型的遥控制导技术。波束制导装置由弹外的指挥站和弹上的

控制装置两部分组成。指挥站发现目标,即对目标发出雷达波束或激光波束,当导弹接近波束后,控制装置自行测出其偏离波束中心的角度和距离,控制导弹沿波束中心飞行,直至击中目标。通常指挥站发出宽窄不同的两个波束,两条波束的中心线重合,宽的波束用来引导导弹进入波束,进入窄波束后,就用窄波束来制导。使用波束制导的导弹不多,如法国 1975 年装备的反坦克导弹“阿克拉”就是用激光波束制导的。波束制导的长处是控制装置比较简单,成本很低,可以同时制导数枚制导武器,并且由于控制装置直接接收波束能量,不易受到干扰。其缺点是整个攻击过程中,指挥站必须不间断的以波束照射目标,一方面可以引起目标的警觉,采取相应的防范措施,另一方面,又使指挥站连同载体很容易受到对方的攻击。

复合制导系统。在制导过程中采用不同的制导技术，实现有效控制，以提高射击精度，这种制导系统称为复合制导系统。导弹从发射到击中目标，一般分为发射段、巡航段、末段三个飞行阶段，在同一阶段或不同的阶段，采用两种或两种以上的制导技术，就是复合制导。对导弹在飞行过程进行接力式的连续制导的复合制导系统而言，具体有两种工作方式。第一种工作方式，是由弹上制导设备及其弹外制导设备结合的制导方式，主要应用于远射程的对空导弹。例如，远程舰空导弹经常采用如下模式：发射段采用程序控制，巡航段采用指令制导或惯性制导结合无线电指令修正，末段为寻的制导。在发射段，导弹按预装程序控制飞行；当舰上跟踪、制导雷达捕获、跟踪目标后，自动转入巡航制导，火控系统解算制导指令，发送给导弹，控制导弹飞行；当导弹飞抵目标一定距离时，向导弹发送指令，导引头开机，一旦捕获跟踪目标即自动转入寻的制导，直至战斗部启爆。美国“标准Ⅱ”、俄罗斯“里夫”导弹武器系统就是使用的这种复合制导方式。第二种工作方式，是由弹上设备实现导弹全过程飞行控制与

制导，如战术巡航导弹、中远程反舰导弹。这类导弹一般发射段也是程序控制，巡航段采用惯性导航加地形匹配，末段为寻的制导。如美国的海射“战斧”导弹，对岸上目标攻击时，海上飞行就是采用惯性导航，上陆后的飞行为地形匹配或卫星导航，突击目标前的飞行为景象匹配，末端为图像相关寻的；对舰攻击时，海上飞行也是惯性导航，末端为主动雷达。采取复合制导系统可增大制导距离，同时提高制导精度和抗干扰能力。作为一种从70年代才开始出现的新的制导技术，目前使用还不广泛，自身也有需要发展和改进的地方，这就是系统比较复杂，体积大，成本高，而且因元器件多而降低了系统的可靠性。

飞行姿态控制技术。广义的制导技术还应包括导弹飞行姿态控制技术。火炮通过螺旋膛线,使弹丸飞行姿态得到控制,获得稳定性。导弹发射装置没有膛线,其飞行姿态是通过导弹的外型设计和相关的控制仪器来控制的。姿态控制的目的就是通过对导弹的俯仰、偏航、和滚动位置的修正,使其在稳定状态下飞行。姿态控制系统主要由三部分组成,即敏感装置、变换放大装置和执行机构。在地对空、空对空等导弹中该系统亦称自动驾驶仪。敏感装置用于测量导弹飞行姿态角及其变化率,通常采用位置陀螺、速率陀螺和惯性平台等惯性仪表,有时还包括加速度表。变换放大装置由校正网络和放大器组成。它按照一定的控制规律,综合、处理和放大各种控制信号,并将控制信号转换成便于控制执行机构的形式。目前,已广泛使用数字计算机来实现控制规律和进行信号处理。执行机构能将电信号转换成机械位移,一般分为气动、电动和电动液压等类,通过这类装置,或者转动空气舵,产生气动控制力矩,用以控制导弹在大气层内飞行;或者改变推力向量产生控制力矩。这种控制方法可在大气层外使用,弹道导弹广泛采用这类控制方法。其控制方式有燃气舵、液体二次喷射、摆动发动机或摆动喷管等。

三、突防技术

由于科技的发展,对导弹攻击的防范水平不断提高,对导弹的拦截能力、电子干扰能力不断增强,因此,为了达到发射导弹的作战目的,必须提高导弹的突防能力,这就产生了相应的导弹突防技术。这是攻防基本战争关系在导弹战中的具体体现。突防技术是在导弹技术不断发展的基础上产生的,并且逐渐成为完整导弹技术的一部分。提高导弹突防能力、发展导弹突防技术的要求,在导弹产生的初期就已经出现。在德国向英国发射“V-1”巡航导弹时,英国截击机飞行员就发现,对这种飞行速度慢、制导装置比较落后的导弹,只要用机翼轻轻碰它一下,就可以破坏它的陀螺仪的工作。此外,还可以用高射炮击落导弹。这对导弹来说,当然是很难堪的。导弹发动机的改进,制导技术的进步,使得导弹的性能有了很大的提高。同样的,正如矛和盾的关系一样,导弹性能提高的手段也成了对付导弹的手段。对抗制导武器的手段主要有三种:

一是摧毁手段。在制导武器发射之前或还未到达被攻击目标之前就将其摧毁。小口径火炮与现代化的武器控制系统相结合,能够较好的对付飞行速度低的导弹;尚在研制中的定向能技术,通过激光光束,能够对飞行速度快的导弹在较短的时间里实施“软破坏”和“硬破坏”,即以激光照射损伤制导系统中的光电传感器、电子系统和光学系统,或以强激光破坏制导武器的壳体,甚至将其完全烧毁。美国在1978年用化学激光器击落了4枚“陶”式反坦克导弹,1983年用二氧化碳激光器击落了5枚“响尾蛇”空对空导弹和模拟反舰巡航导弹的飞行靶机。对付导弹的最好手段是导弹本身,这就是反导弹导弹技术。反导弹导弹以飞行的导弹为自己的目标,这就要求该武器系统比起目标要有更强的制导能力、更快的飞行速度和反应速度。美国从1955年就开始研制反导武器系统,到1967年止,研制了3种。苏联的“橡皮套鞋”反导弹导弹于1964年出现在红场的阅兵式中,1969年前后则正式部署于莫斯科

周围。现代防空导弹通过改进制导技术，提高制导精度，实现防空武器与雷达的自动化，提高武器系统的反应速度，也可以具有一定的反导能力，如美国的“爱国者”、俄国的“萨姆－12”都具有对高空、高速目标的反导能力。

二是干扰手段。通过干扰手段，削弱和破坏制导武器的制导能力。现代战争中最成功的用干扰手段破坏对方的导弹制导能力的战例，是 1982 年的第五次中东战争。在那场战争中，以色列事先掌握了叙利亚布置在黎巴嫩以东、紧靠叙利亚边境的贝卡谷地的“萨姆－6”导弹的性能，运用各种侦察、干扰设备，使“萨姆－6”导弹制导系统失灵，在 6 分钟内，全部摧毁了 19 个导弹发射阵地。干扰的手段有闪光或热源诱饵弹、箔条、红外涂层、烟雾、气溶胶、光电干扰、电子对抗等。选择什么样的干扰手段，取决于对具体制导武器的制导技术的了解和掌握。不同的制导技术就有不同的干扰技术，先进的制导技术，不一定需要先进的干扰技术与其对抗。对于雷达制导的，可以用较原始的金属箔条、诱饵、干扰机等进行干扰和诱骗；对于红外制导的，可用曳光弹、红外干扰机、热诱饵来诱骗和吸引；对于激光制导的，可用激光干扰机照射非目标物体来诱骗和吸引。

三是防护手段。防护手段是指通过利用地形和不良气象条件、电波隐蔽及防护、伪装手段等防护措施，使目标不易被发现，不能被有效击中。

面对众多的反导手段，提高导弹的突防能力就显得非常突出。导弹突防能力的提高，是导弹技术的重要内容，也是导弹技术发展的方向。在导弹突防能力的提高过程中，产生了导弹自身的隐蔽技术和多弹头技术。

导弹隐蔽技术。导弹的隐蔽技术可以使反导弹系统和干扰装置找不到目标或来不及对所发现的目标作出反应，保证导弹战斗的突然性和有效性。其具体技术有隐身、提高飞行性能、采取机动

发射方式、电子欺骗干扰等。利用现代隐身技术，降低或改变导弹的雷达特征，使对方不能发现自己。在导弹外壳使用具有吸波、不反射雷达波的隐身材料，如美国在海湾战争中使用的“战斧”巡航导弹；增加非金属构件；导弹内部构件不采取有角结构，使电波反射至地面方向；采用惯性制导等自主式制导技术，或使电子设备尽量不工作，保持“安静”，如象法国制“ASMP”巡航导弹飞行时那样，减少电磁信号，致使敌电子对抗措施无法发挥作用。提高导弹飞行速度，降低飞行高度，使敌防御系统无法反应、无法跟踪。现代的导弹飞行速度，已从开始时的每小时 600 多公里，提高到了 20 世纪 60 年代的超过音速的 3 倍，对这种导弹的拦截和作出反应就非常困难了。制导技术的提高，使得飞行高度降低，法国的“飞鱼”潜对舰导弹，能贴着海平面 2—3 米的高度飞行，一般的雷达难以发现。电子欺骗干扰技术则是通过释放诱饵，如金属箔条、假金属弹头等，给敌方探测跟踪设备提供假目标；先行对已知防御系统、电子战系统进行电子干扰，使其无法工作。机动发射技术是指导弹及其发射装置可以进行机动，避开对方对固定发射设施的重点监视。

多弹头技术。这是 20 世纪 60 年代开始出现的突防技术，70 年代得到了迅速的发展，具体有集束式多弹头；分导式多弹头；机动式多弹头。集束式多弹头技术是 20 世纪 60 年代初，为了突破敌方的反导弹系统开始研制的，就是在导弹的母舱内装有多个无制导的子弹头，同时或分批释放后作惯性飞行。这种导弹到达目标上空后，多个子弹头覆盖在目标区，使目标区以火炮为主的反导弹系统无法招架。20 世纪 60 年代末 70 年代初，苏联就把集束式多弹头技术应用到其装备的 SS－11 洲际导弹的改进型上。与单弹头比较，它提高了突防能力，对面目标毁伤效果比较好。其不足是：弹头不能分导；只能攻击一个面目标，不宜打击点（硬）目标。70 年代开始，这种多弹头技术逐渐被其它多弹头技术取代。分导

式多弹头技术是在制导技术有了进一步的发展、高比威力核弹头和小型火箭发动机等关键技术获得突破的基础上，于 20 世纪 60 年代开始的。70 年代美国研制成功，首先使用在“民兵Ⅲ”上。紧接着，苏联也研制成功，使用在“SS－17”及其以后的导弹上。这种导弹在有制导的母舱内装有多个子弹头，由母舱按预定程序逐个释放，使其分别导向各自的目标。分导式多弹头能攻击相隔一定距离的数个目标，也能集中攻击一个面目标，从而提高了导弹的突防能力、命中精度和毁伤效果。机动式多弹头技术是 20 世纪 70 年代初开始研究的水平更高的导弹突防技术。在同一个导弹母舱内装有多个自身也有制导能力的子弹头，子弹头被释放后，能按预定程序分别作机动飞行，寻找和攻击各自的目标。机动式多弹头脱离母舱后能机动飞行，使对方反导弹系统难以跟踪和拦截。装有末制导装置的机动式多弹头，还可以各自修正其机动飞行中的误差，较准确地攻击各自目标，从而提高了命中精度和毁伤能力。美国首先研制成功的“MK－500”机动式多弹头导弹，采用折锥和移动配重方法，使弹头在气动力和重力作用下，产生滚动，基本达到了机动飞行的要求。

四、发射技术

导弹的类型不同，作战性能不同，采用的发射方式也不同，因而有不同的发射技术。按导弹发射位置可分为地面发射、地下发射、水面发射、水下发射、空中发射；按导弹的起飞姿态可分为水平发射、倾斜发射、垂直发射；按导弹发射时所用的动力可分为自力发射和外力发射；按导弹发射平台的状况可分为固定发射和机动发射。这里侧重介绍固定发射技术和机动发射技术两种。

导弹固定发射技术。导弹由固定在地面的发射阵地发射的技术，与机动发射技术相对应，是早期的导弹和不便于机动的导弹普遍采用的一种发射方式。第二次世界大战末，德国的“V－1”和“V－2”导弹就是采用的地面固定发射技术，以后的大型战略导弹也

大多采用这种发射方式。采用这种发射方式，发射阵地的发射场坪和有关设施一般是预先构筑和准备好了的，技术和后勤保障比较充分，一旦需要发射，随时可以进入战斗状态。这种发射方式的不足也是显而易见的，作为敌方的一个固定目标，固定的发射阵地容易为对方发现和受到打击。为了克服固定发射技术的这一不足，从20世纪50年代末起，战略导弹开始采用地下井发射方式，导弹深藏在地下竖井中随时待发。60年代开始，远程陆基弹道导弹几乎都采用地下井发射，如60—70年代的美国“民兵”导弹、苏联的“SS-19”前的各型导弹。70年代后，随着空间侦察技术的不断发展，导弹命中精度的不断提高和分导式多弹头的出现，靠加固地下井已不能确保固定发射导弹的生存能力，固定发射逐渐向机动发射转变。

导弹机动发射技术。导弹及其发射装置装载在可机动的平台上，导弹在这机动平台上发射的技术，与固定发射技术相对应，有陆上机动、水面(水下)机动、空中机动几种方式。保障导弹生存能力的需要、导弹系统小型化、自动化技术的不断提高，使导弹机动发射技术的出现成为可能。小型战术导弹较早地实行了机动发射，如飞机发射的导弹、舰载导弹和反坦克导弹。但大型远程导弹技术复杂，并且空中和水面(水下)机动发射，发射平台(飞机、舰艇或潜艇)成本太高，其数量不可能很多，大量的还是陆基导弹、地面机动。地面机动有公路机动和铁路机动两大类，这就要求导弹具有更高的可靠性，体积较小，并且发射系统和保障系统不能很复杂，所需的运输工具不能太多，且运输工具的减振技术、转向技术比之普通运输工具水平要高得多。液体推进剂导弹系统运输发射系统及保障系统很多，所需车辆也多，机动性能差，而固体推进剂导弹是实现小型化的最佳形式，机动性好，适宜于机动发射。与导弹推进剂、微电子、弹头小型化等技术的发展相适应，到了20世纪80年代，大型远程战略导弹都采用了机动发射方式。

第十六章　情报、通信与指挥自动化技术

第二次世界大战结束以来，特别是进入20世纪60年代以后，随着微电子技术、空间技术、激光技术、计算机技术等一大批高技术群体的出现，军队的通信与指挥技术进入了一个新的阶段，出现许多新型的通信、侦察与指挥器材，并使得通信、情报与指挥联成一体，形成了C^3I系统。这一深刻的变化，极大地改变了战争的面貌，在军事领域中产生了全面而深刻的影响。

第一节　当代通信新技术

在现代战争中，军事通信的重要地位越来越显著。美国前陆军司令魏曼上将认为，现代战斗的胜败可归结为这样一个公式："机动力+火力+通信联络=决战点的优势兵力"。正因为如此，战后各国大力发展军事通信技术，研制出包括载波通信、激光通信、光纤通信、红外通信、卫星通信、对流层散射通信在内的多种新型的军事通信装备，并进一步改进了军用野战电台，军事通信技术得到了巨大的发展。

一、载波通信与光纤通信技术

第二次世界大战以后，军事有线通信技术取得了包括60年代产生的程控交换技术在内的一系列重大进步，其中比较突出的是载波通信技术与光纤通信技术。

载波通信就是利用频率分割原理，在一对线路上同时传输多路电话的通信。其工作原理是：在发送端，将多个用户的音频电话信号经一次或多次变频，使之分别搬移到不同的较高的频带上，由

于将原来处于同一频率上的话音信号变为不同频率的信号，而且高频信号所占的信道较窄，就可通过同一线路来进行传送了。在接收端，由各相应的滤波器选出各路不同频带的信号，经过一次或多次反变频，还原成各路音频的电话信号，信号放大后送入各个受话方话机。运用载波进行通信，在一条有线通信线路上可以传输多路电话。载波通信除了传输电话信号外，还可进行二次复用，即利用载波话路来传输电报、传真、数据等等。很显然，载波通信有效地利用了有线通信的线路，实际上是在不增设线路的情况下扩大了信道的容量，提高了传输的速度。在军事信息量不断增加、军事通信要求高效迅速的情况下，载波通信是一种极好的技术手段。载波通信技术产生于20世纪初期，电子管和滤波器发明以后，为实现载波电话通信创造了技术条件。同时，增音器和同轴电缆的发明又为载波通信的发展插上了翅膀。早在20世纪初，丹麦工程师克拉鲁普发明了一种新的电缆，他给整个电缆的铜芯绕上细铁丝，从而提高了通信质量。这一电缆为后来同轴电缆的发明提供了思路。同轴电缆是由管状结构的外导体将内导体全部包围并相互绝缘的高频电缆，电能仅在电缆内部传输，避免了辐射损失，大大增加了通信容量。1918年，在美国的匹茨堡到巴尔的线路上开通了第一个载波电话通信系统，每对线通3—4路电话。到1938年，经过不断改进，可通12路电话。在两次世界大战中，由于战争条件的限制，各参战国(除美国之外)的长途有线通信发展很慢。第二次世界大战结束初期，各国均建立了规模巨大的军用长途载波通信系统，通信容量从最初的每对线几路、十几路，发展到几十路、几百路。

20世纪60年代初，载波通信设备进入了半导体化阶段。早在30年代，正当电子管进入全盛时期，美国贝尔实验室的物理学家看到了电子管在体积、功耗、寿命等方面的局限性，并在客观需要的推动下着手固体器件的研究。当时，半导体已经用来检波，既

然半导体具有真空管的性能之一——检波，那么能不能也可以用来放大微弱的电子信号呢？1936 年，贝尔实验室的肖克莱开始进行固体物理学、金属学和电子技术、表面能极理论、半导体理论与技术的研究。后同美国物理学家巴丁、布喇顿合作于 1948 年制成晶体三级管。20 世纪 50 年代初期，单晶硅制备技术得到了突破性的发展，60 年代各种晶体管电子元件相继诞生。半导体晶体管的诞生是电子元件的第二次重大突破，它具有体积小、重量轻、耐震、寿命长、性能可靠、功耗低等电子管无法比拟的优点，有效地促进了电子技术的发展。载波通信的半导体化进一步促进了军事载波技术的发展。到 70 年代，随着半导体技术的进一步发展和同轴电缆材料与性能的提高，10800 路载波电话系统在一些国家的军队中先后投入使用。

60 年代以后出现了激光通信。激光技术是以原子物理、量子理论、光学技术和电子技术为基础的一门高新技术。1960 年美国科学家梅曼用红宝石制成了世界上第一台激光器，激光技术由此问世。其基本工作原理是，通过从外部对某些物质施加能量，使电子急剧增能，在外来光的激发下，以光子形式经过光学谐振腔的特殊装置，等到聚能放大而发射出来。激光具有很好的相干性、单色性和方向性，可在大气空间、宇宙空间、光波导、光导纤维以及海水中传输，故能作为信号载波应用于通信。由于激光的光束很细、方向性极好，人眼又看不见，因此用激光进行通信具有极好的保密性，不易被敌人截获和干扰，且不受热核辐射的影响。激光通信还具有频率很高、频带很宽、信息容量极大的特点，可进行多路通信。所用设备与相同通信容量的微波通信设备和电缆通信设备相比，体积小、重量轻、节省金属，造价低。激光技术的产生，为光纤通信创造了技术条件。

1955 年，英国伦敦大学的卡佩奈在其博士论文中提出了纤维光学技术的基础理论。1966 年，英国的高开始研究光纤传输，提

出了光纤维的理论损耗极限。同年，高的同胞霍克哈姆开始研究光纤通信，并发表了有关实验论文。1970 年，廷德尔首次表演了沿电介质管进行光的传输，以后的纤维光导的应用实际上就是这种原理。光通信原理的提出和对于光纤维的研究，激发了人们对利用光纤维进行通信的兴趣。但是要使它真正实现还要有赖于激光技术的成熟、光纤维的制备和光电调制技术。1970 年，格拉斯研制成 20db/公里低衰减的纤维，这是光纤通信的一项大的突破。1971 年，日本电星公司生产出一种具有分散折射指数的纤维。1976 年，在美国芝加哥展示了试验性光波传输系统（利用玻璃光波导传送由超小型固体激光器和发光二极管发出的光脉冲信息）。1977 年，美国及其他国家的一些电话公司建立了实验性的光导纤维系统。光纤通信输送信息的能力比电缆高几百倍，以前每生产 1000 米电话电缆，光是铜就要用一吨，而激光线路只需要 10 克石英玻璃即可。80 年代以后，各个国家的军队纷纷以光纤代替原先的金属电缆，大大促进了军事有线通信技术的发展。

二、散射通信与卫星通信技术

第二次世界大战以后，军事无线通信技术也获得了巨大发展，出现了散射通信、无线激光通信、红外通信、移动通信、卫星通信等新的通信形式。

散射通信是利用空中传播媒质的不均匀性对电磁的反射作用进行的超视距通信。大气层中的对流层、电离层和流星余迹等，都具有对入射的电磁波再向多方向辐射的特性。利用这些媒质将视距传播的电磁波传送到视距以外，即可进行远距离通信。对流层散射通信即用对流层对超短波或微波的反射作用来实施超视距通信。军用对流层散射通信有固定式和移动式，固定式的通信站发射机功率、接收机和天线都较大，通信距离较远，单跳通信距离通常为 300 公里；移动式是将通信设备安装在汽车上，能在预定地点迅速开设，发射功率和通信容量较小，使用小型的抛物面天线，单

跳通信距离一般为200公里左右,供战役、战术通信用。流星余迹通信则是利用流星穿过大气层高速运动造成的短暂电离痕迹对无线电波的反射或散射作用进行远距离瞬间通信。流星余迹通信传输受核爆炸及太阳耀斑的影响较小,电波反射的方向性强,隐蔽性好,信号不易被截获,适用于远距离小容量的军事通信。散射通信的传播方式于20世纪40年代末被发现和证实,于50年代中期发展起来。第一条对流层散射通信线路于1955年在美国建立,全长2600公里。中国于50年代中期开始研究,于60年代初研制出对流层散射通信设备。在军事通信中,由于散射通信比短波无线电通信稳定,并可多路传输,比起微波、超短波接力通信来可以不建或少建中间转接站,而且不受高山、海峡、海港等天然障碍地带和被敌占区阻隔的限制,所以在第二次世界大战以后许多国家都大力进行研究开发,用于军事战略通信和战术通信。

20世纪60年代以后,随着激光技术与微电子技术的发展,军事无线通信中出现了大气激光通信与红外线通信。大气激光通信是利用大气空间作为激光信号的传输媒介来实现信息传递的。发信时,将传送的信号经信息终端、光调制器及激光器转换为激光信号,然后经光学发射天线将激光信号发射出去,通过大气空间传送到对方;收信时,光学接收天线将激光信号接收下来送至光检测器,转换成电信号到信息终端,信息终端再将电信号转换为原来的话音或图像等信息。大气激光通信的优点是通信容量大,不受电磁干扰,保密性强,设备轻便。但通信距离较近,可靠性较差,且需要比较精密的设备,所以在军事通信中一般作为辅助通信手段,用于边防哨所、海岛之间以及跨越江河峡谷等近距离定点通信。红外线通信则是利用红外线传输信息的一种光通信方式,红外线是一种能在大气空间作直线传输但不能为人眼所察觉的电磁波。红外线通信的优点是:红外线沿一条直线传播,方向性强,不易被敌发现,保密性好,不受天电和其他电磁波的影响,抗干扰性能强,设

备简单，造价低廉。主要缺点是受地形、天候和烟尘等影响比较大，并且只能在直视距离以内使用，在军事上大多用于战术通信。

第二次世界大战以后，军事无线通信技术取得的最大成果是军事卫星通信技术的产生和发展。1945 年，美国的克拉克提出了用卫星进行通信的设想。但是，由于那时微波技术还在发展初期，再加上没有人造卫星，所以这种设想在当时是根本无法实现的。但是人们经常能用高灵敏度的接收机收到宇宙星体发出的电磁波，从而激励着人们对宇宙通信的探索。1946 年，曾有人用雷达向月球发射微波信号，结果准确地收到了从月面反射的回波，从理论上证明了利用卫星进行无线电通信的可行性。此后，人们进行以月球为中继站的一系列通信实验，但由于地球与月球的距离过远，造成信号衰减太大，时延过长，无法保证通信质量。1957 年，苏联第一颗人造地球卫星发射成功，为卫星通信技术的产生和发展铺平了道路。1958 年，美国发射了世界上第一颗试验性的有源通信卫星。1960 年，美国的皮尔斯等人首次实现了用人造地球卫星 Echo－Ⅰ作无线电反射器，Echo－Ⅰ是一颗无源通信卫星，靠反射电波来完成通信。由于入射波的能量得不到补充，反而消耗在卫星到地球的路程中，所以地面接收到的信号是很微弱的，只有经过放大才能达到有效通信。经过两年的努力，到 1962 年利用 Echo－Ⅰ进行北美与欧洲的通信获得了成功。1962 年，美国发射了第一颗有源通信卫星 Telstar。有源通信卫星装有接收机和发射机，可接收和发送信号。通过 Telstar 通信卫星实现了横跨大西洋的电视和电话传输。

卫星通信技术产生以后，立即便用于军事目的。20 世纪 60 年代初，美国军方委托伍德里奇公司研制出“国防通信卫星”并投入使用，成为为美国国防部各部门提供通信线路和直接支援全球军事通信与指挥的系统。1971 年至 1989 年底，美国又发射了 16 颗更为先进的“国防通信卫星Ⅲ”。与此同时，美国还发展了各军

兵种使用的通信卫星。1978 年至 80 年代末期，美国发射了 8 颗由 TRW 公司研制的舰队通信卫星。该系统由美国海军负责管理，约有 800 艘舰船、100 艘潜艇和空军的数百架飞机和一些地面终端使用。1976 年，美国开始部署空军通信卫星系统，1979 年投入使用，1981 年开始全面工作，系统连接包括预警机、侦察机、战略轰炸机、洲际导弹指挥所在内的地面和机上终端。90 年代以后，美国还研制和发射了具有较强抗核加固和抗干扰能力，能保证核战争条件下通信畅通的新一代军用通信卫星——战略战术和中继卫星(MILSTAR)。除了美国之外，其他国家和国际军事组织也大力发展军事卫星通信技术。北约组织于 70 年代初发射了 3 颗“纳托”通信卫星；法国于 1984 年和 1985 年分别把“电信－1A”、“电信－2B”发射到地球同步轨道；英国于 1969 年、1970 年、1974 年、1988 年分别发射了“天网－1”、“天网－2”、“天网－4”军用通信卫星；苏军于 1965 年后发射了“闪电－1”军事通信卫星 74 颗，70 年代后又发射了改进的“闪电－2”、“闪电－3”卫星近 50 颗；中国于 60 年代发射“东方红”地球卫星后，也发展了军事卫星通信。

利用人造地球卫星进行军事通信具有很多优点。一是通信距离远，一般同步卫星反射无线电波的最大覆盖面约为地球的三分之一，非同步卫星的覆盖面也比较大，这是其它任何通信形式都无法比拟的。如美国的“战略战术和中继卫星”系统，有 4 颗同步轨道卫星，3 颗椭圆极地轨道卫星和一颗备用的高轨道卫星，即覆盖全球。二是传输容量大，通信卫星采用微波通信，具有很宽的频带，如北约组织使用的“纳托”通信卫星有 3 条信道，带宽 17 兆赫、85 兆赫、50 兆赫。一个现代通信卫星的射频带宽可做到 50—500 兆赫，可提供 5000—50000 双向话路。三是可靠性高，卫星通信的电波主要是在大气层外的宇宙空间的真空中传播，因此可以看作是均匀媒质，电波几乎不受气候条件的影响。四是灵活性强，由于通信卫星的覆盖区大，具有多址联接的特性，一个卫星可以同四面

八方的地面站进行相互通信，只要需要，飞机、汽车、舰艇甚至单兵背负小型电台都可以随时使用卫星通信。五是造价便宜，建立卫星通信系统所需要的卫星数目很少，比生产同样容量、同样距离下的其它设备所耗费的资金要少得多，更重要的是卫星通信线路的造价，并不随通信距离的增加而增加。因此，军事卫星通信是当代军事通信的理想形式。

第二次世界大战以后，在军用无线电通信技术方面，还发展了自动转接的移动通信技术。移动通信即通信双方或一方处于运动状态中，以移动电台通过固定通信台站转接进行的通信联络。可分为陆地移动通信、水上移动通信和航空移动通信。用于移动通信的主要设备是各种便携式、车载式、船载式的超短波电台和短波电台。通过地面无线电设备与有线电话交换中心连接，移动电话还可与近距离或远距离的有线电话通信。人们早就希望有一种便携的能“自由”通话的工具。20 世纪 30 年代出现了体积小、重量轻的电子管步谈机，采用单工无线电话的工作方式。尽管步话机技术后来有了发展，50 年代采用了晶体管，80 年代采用了集成电路，但由于发射功率小，传输的距离近，而且采用单工方式，送话的同时不能听话，使用不够方便。60 年代以后，随着微电子技术和程控交换技术的发展，小型的电台能发射较大功率的信号，固定通信台站可以通过程控交换机接转覆盖区内的任何一个用户。于是移动通信技术迅速地发展起来。移动通信机动灵活，方便迅速，便于军队在机动中及时实施作战指挥，使陆海空军各部队在复杂情况下能够密切配合协同作战，对保障现代条件下的作战具有重要作用。

三、野战电台的技术发展

军用野战电台作为军事通信中特有的通信设备在第二次世界大战以后得到了迅速发展。20 世纪 50 年代，军用野战电台的单边带技术得到了普遍的应用和发展。所谓单边带通信就是发送和

接收调幅信号的两个边带中的一个边带信号的无线电通信。单边带电台在传送话音信号时，话音信号和频率合成器产生的高稳定度的低载频信号，加载到发信机的高频信号上，经调制器的作用，产生上下两个载频，再经滤波器把某一边带滤掉，只让另一边带的信号加载到较高的工作频率上，并加以放大，送至天线发射出去。收信机将天线接收的射频单边带信号搬回到较低的频率上，并加以放大，送入单边带解调器，在解调器中加入低载频信号，将原话音信号还原出来。军用单边带电台主要采用上下边带各传输不同信息的"独立边带制"，通常每3千赫边带可传送一路话或多路报。单边带技术于1915年发明，1923年进行了横跨大西洋的通信试验，1933年以后为大多数远洋通信所采用。从1954年起，单边带电台在军用无线电通信系统中迅速发展，取代了普通的调幅电台。50年代，大多数国家特别是发达国家普遍使用了单边带战术电台，美军使用的单边带无线电台既有台式的，也有车载的，可通16路报、2路话、1路传真，功率为10千瓦。

20世纪60年代以后，随着半导体技术的产生和发展，军用野战电台由晶体管代替了电子管，并在70年代以后大量采用集成电路和大规模集成电路。军用野战电台向晶体管小型化发展，进一步缩小体积，减轻重量，提高了通信容量和可靠性。美军在50年代营连装备的电台是电子管式的AN/PRC-1型，通信信道为170，信道间隔为100KXZ，发射功率为0.9W，通信距离为5—8公里，重量为12公斤。60年代初装备了除末级外均为晶体管的AN/PRC-25型电台，信道数增至920，信道间隔缩小为50KXZ，发射功率增大到2W，重量减轻到11公斤。60年代末装备了全晶体管的AN/PRC-77型电台，重量减轻到6.2公斤。70年代装备了微模组件式的AN/PRC-99型电台，信道数增到2000，信道间隔缩短为25KXZ，通信距离8公里，重量为4.1公斤。美军在80年代初期研制成的产品集成化程度已达20—40%，到80年代后

期达到90%以上,发射功率在20千瓦量级,重量在4公斤左右,可靠性比同类电台提高10倍。

在采用晶体管、集成电路、大规模集成电路的同时,60至70年代的军用野战电台实现了多波段、多工种、多用途,以便于各兵种配合作战,减少机种,实现一机多用。美军自60年代初即开始研制这种电台,其他国家的军队也加强了这方面的研制。这种新型的电台采用不同的调制方式,战时既可背负,又能车载和机载,既能通话,又能通报、电传和传输数据。在研制新型电台的过程中,野战电台技术有了迅速的发展。一是广泛采用频率合成技术,由此提高了频率稳定度,缩小了信道间隔,增加了可用信道数。70年代,无论是短波还是超短波电台,绝大多数采用了多晶控制振荡器、脉冲振荡环路、数字控制环路、混频环路等频率合成器。到80年代,短波单边带电台的信道间隔普遍做到100赫,也有做到1赫,超短波电台的信道间隔一般做到25千赫,有的已达到12.5千赫。由于信道间隔的减小,增加了信道数。二是采用宽带放大、功率合成技术,免去功率放大的调整。70年代初研制的功率小于1000瓦的短波发射机,采用晶体管功率合成输出级,缩小体积,减轻重量。三是实现自动调谐。如美军的URC-78、PRC-70野战电台采用永磁片和可变电抗器的自动调谐,调谐时间一般为2秒,短的可达到0.6秒。

80年代以后,各国军队野战电台的发展出现了两大趋势。一是由模拟制向模数兼容和全数字化过渡,运用了数字计算和数字处理技术。将数字技术引进通信设备是80年代军事通信技术出现的新动向。性能良好的数字电路逐步取代了传统的模拟电路,大量涌现的数字器件(数字混频器、数字频率合成器、数字滤波器、数字振荡器等)用于军事通信设备。一些发达国家在野战电台中逐步采用了微处理器。它是由一片或若干片大规模集成电路组成,包括技术逻辑部件、指令处理部件以及控制存储或运

算的控制器，具有运算和控制功能。在数字处理技术和微型计算机技术发展的基础上，野战电台的保密技术也得到了发展，特别是采用信号压缩技术和数字加密技术，使无线通信信号被截获和破译的概率大大缩小。采用信号压缩技术发出的信号极其短暂，使人难以截获，即使截获了也难以破译。而数字保密技术可以把密钥数做得很大，使人难以破译。二是采用跳频技术等抗干扰技术。跳频技术就是发收双方电台的工作频率，按预定的顺序在一定的频率范围内作同步快速跳变。早期的无线电操作员采用一个时间表来使用工作频率，而跳频系列则是使用一个码序来决定在某一特定时间应使用什么频率，工作频率每秒钟可跳变数十次、数百次或更多，跳变的频率范围可宽达数十兆赫。采用这种方式发射的信号，不易被敌方干扰，它是在军事通信中抗干扰的主要措施。德国于1981年研制出CHX200机动式和固定式高频跳频电台系统，1983年研制出SEM172甚高频跳频电台；美国于1982年研制出背负式AN/PRC－117型中频跳频电台，瑞典于1985年研制出甚高频跳频电台；英国也在80年代研制出150系列高频跳频电台，供本国和比利时等许多国家的军队装备。这些跳频电台大多由微机进行控制，能自动搜索信道，自动变频，抗干扰和保密性能十分良好。

第二节　情报技术的新发展

第二次世界大战以来，军事情报的窃取对于赢得战争的主动权具有越来越大的重要意义。情报技术在一系列新技术的推动下取得了显著的进步，无线电侦察技术向微型化、智能化方向发展，航空侦察技术更加完善，航天侦察技术异军突起，预警技术成为各国军队发展的重点，整个军事情报技术呈现出新的面貌。

一、无线电侦察技术

第二次世界大战后，局部战争不断。在世界大战的阴霾的笼罩下，各国军队为了在未来战争中取得主动地位，根据两次世界大战的经验教训，纷纷开展了战略性的现代谍报侦察。一些国家设立了庞大的谍报机构，遴选各种人才，投入大量经费，广泛从事谍报活动。在这种谍报活动中，各国都采用了多种新的技术手段。在无线电侦察器材方面，出现了微型窃听器、激光窃听器等新的器材。微型窃听器有如黄豆大小，可窃听5米之内的声音。其传送的方法，一是用细导线连接到耳机或录音机；二是用微型无线电发射机进行发射；三是由微处理器控制进行定时偷录，快速发射。一些高灵敏的微型窃听器采用微电子学的方法，可以把窃听到的很微小的信号放大几万倍甚至几十万倍，使之相当于正常说话的声音。这种窃听方法可以隔着路听到办公室里人们谈话的内容。激光窃听则是根据谈话声会引起一些固体物质产生微小振动的原理进行窃听。发射一束很细的肉眼看不见的激光，射到谈话地方的玻璃或者金属板上，由于声音对玻璃或金属板引起了微小振动，所以反射回来的光会发生相应的变化，这样就可以用一定的电子设备把声音还原出来。谍报技术的这些进步，无疑对军事战略侦察构成了良好的技术支持。

第二次世界大战以后军事无线电战术侦察也有了长足的进步。通信与雷达侦察设备向全天候、宽频道、高分辨、自动搜索、高度机动与快速反应的方向发展。如美国于1978年装备部队的AN/TSQ-114“开路先锋”(TRAILBAZER)通信侦察测向系统，由天线、接收机、射频处理机、方位显示器、数字磁带机、录音磁带机、小型计算机、调频无线电台和通信保密设备等组成，安装在1.25吨卡车上。系统工作时每分钟可对5—6个目标进行截收和测向，并具有全天候和昼夜工作的能力。德国军队装备的EZF/EX-FU通信侦察系统是一种宽频带的无线电侦察与监视系统。该系

统由 EXF 频域一时域分析器和 EXFU 特高频调谐器组成，用于进行频谱显示和时域显示，同时分析出接收信号的频率、调谐频谱、调制方式、调制深度和虚假辐射。操作人员可一面观察频谱显示器，一面用音响方式监听试验结果，并且可同时监听两个频道，还能对频道进行快速扫瞄。苏联军队在战后装备最多的是 P 系列通信侦察系统，该系统由数种无线电接收机和干扰机组成，配有快速记录器、录音机、传真机等设备，装备方面军特种任务通信团、集团军无线电截收营和师侦察营，采用调频、调幅两种方式工作，可对甚高频和其他频率的通信进行截收和测向。英国军队装备的“巴比肯”(BARBICAN)战场自动侦察系统是一种战术机动式通信侦察系统。该系统能对电磁信号发射体进行快速探测、定位和分析，灵敏度高，截获概率大，测向精确，自动化程度高，侦察站只需一名操作手。战术无线电侦察技术的发展，对现代战争有重要影响。

二、航空与航天侦察技术

航空侦察起源于 18 世纪末，当时用气球进行目视侦察。19 世纪 50 年代出现了航空照相侦察。第二次世界大战期间，主要交战国以飞机照相侦察为主，实施了广泛的侦察活动，战争末期电子侦察飞机开始用于作战。20 世纪 50 年代，侦察机的飞行性能显著提高，飞行速度超过音速，机载侦察设备也有了改进，拍摄后几十秒钟就能够印出照片并通过无线电传真送到地面。同时出现了一些专用的侦察机，如美国研制使用的 U－2 侦察机。60 年代，侦察机的速度进一步提高，出现了美国研制的 RS－71 战略侦察机和苏联研制的米格－25P 侦察机。RS－71 的最大飞行速度超过三倍音速，实用升限达到 2.5 万米左右，照相侦察 1 小时可达 15 万平方公里。60 至 70 年代，随着遥感技术、微电子技术和激光技术的发展，由单一的光学照相发展到多光谱照相、红外成像、微波成像、电视录像，同时出现了以侦察敌方雷达、无线电通信及其他

电磁波为主的电子侦察飞机。80 年代以来，有的国家着手研制飞行速度为 5 倍音速左右、升限超过 3 万米的高空侦察机，具有多种侦察功能的飞机取代了单一功能的电子侦察飞机，航空侦察不仅能够全天候实施，而且能将侦察结果实时地传送到指挥机关。战后的航空侦察技术尤以航空电子侦察技术发展最快，研制出有人驾驶和无人驾驶电子侦察机、直升飞机电子侦察机和遥控飞行电子侦察器。1981 年美国研制出 U－2 飞机的后继机——TR－1 型战术侦察机，机上装有合成孔径侧视雷达、天文罗盘、跟踪照相机和各种通信导航和电子侦察设备，侦察敌纵深数百公里内的辐射目标，由地面处理后，算出其精确位置。1985 年，美国又研制出 OH－58 型双座轻型武装侦察直升机，装有多普勒雷达、电视摄像机、自动红外热成像器和激光测距仪。在无人驾驶的侦察机方面，有德国研制的 RT900"巨嘴鸟"、小遥控飞机(MINI－RPV)，加拿大军队装备的 CL－89，美国研制的"火烽"(FIREBEE)Ⅰ型和"火烽"(FIREBEE)Ⅱ型超音速无人驾驶飞机，苏联军队装备的 DR－3 微型无人驾驶侦察机等等。电子侦察飞机的出现改变了传统的侦察内容，为正确地实施指挥提供了多种准确的情报。

航天侦察出现于人造卫星发射以后。在各国发射的航天器中，军用卫星的数量居首位，约占三分之二以上。军用侦察卫星于 20 世纪 50 年代末开始试验，60 年代中期投入使用，70 年代以来经过不断提高、改进得到很大发展，已成为一些国家作战指挥系统和战略武器的重要组成部分。军用侦察卫星用照相机、遥感器或无线电接收机等设备，从轨道上搜集地面、海洋或空中目标的情报。侦察设备搜集到的信息用胶片、磁带记录存贮于返回舱内，在地面回收；或者通过无线电传输的方法，实时或延时传输到地面接收站，再经光学设备和电子计算机等进行处理，从中获取有价值的情报。卫星侦察具有侦察面积大、范围广、速度快、效果好，可定期或连续监视一个地区，不受国界或地理条件限制等优点，能取得其

他手段难以得到的情报，在军事上有重要作用。美国从 20 世纪 50 年代末开始发射照相侦察卫星，到 70 年代末已发展了 5 代。1959 年 2 月到 1962 年 2 月，发射 38 颗“发现者号”回收型照相侦察卫星。1959 年 4 月，首颗“发现者号”进入近圆极地轨道，同时实现三轴姿态控制。1960 年 8 月在轨道上接收地面指令，弹射出一个密封舱并在海上回收胶卷成功。同年 10 月，发射“萨莫斯号”无线电传输型卫星。第二代照相卫星改进了摄影系统，回收型卫星能在轨道上停留 3—5 天，传输型卫星可在轨道轨道上停留 3—4 周。第三代传输型卫星装有空间—地面快速通信系统，可将获得的信息以高传输速率发回地面。第四代“大鸟号”综合型照相侦察卫星兼有回收型和传输型两种功能，卫星上装有侧视雷达。第五代“锁眼号”卫星于 1976 年发射，星上装有固体摄像机，采用数字传输方式以多种形式进行自动化处理。美国于 1962 年 5 月开始发射电子侦察卫星，1971 年起发射多星定位制电子侦察卫星。这类卫星可以长期监视各种地面雷达配置的变化，舰载雷达的特性和位置，监视舰船的类别、型号等级和航迹。60 年代末，苏联也开始发射电子侦察卫星。与此同时，美国、苏联等国还发射了海洋监视卫星，用于监视海上舰船和潜艇的活动。美国于 1971 年末发射一箭四星的试验性电子侦察型海洋监视卫星，1976 年 4 月发射并正式使用“白云号”第一组卫星，1977 年和 1980 年又相继发射第二组和第三组卫星，三组卫星的轨道相互间隔 120 度组网。苏联也于 1967 年底开始发射雷达型海洋监视卫星，1974 年发射电子侦察型卫星。航天侦察技术的出现，为大范围、全天候的军事侦察创造了条件。

三、预警技术

第二次世界大战以后，由于核武器和导弹武器的出现，抗击第一次打击成为各国军队必须考虑的课题。为了更好地进行实时侦察和报警，各国军队，特别是美苏两个超级大国都大力发展预警技

术。在继续发挥雷达侦察与预警功能的同时，又开展了预警卫星和预警飞机的研制，并装备部队。

预警卫星是用于监视和发现敌方发射战略弹道导弹并发出警报的侦察卫星。60年代以前，探测敌方来袭导弹只能靠地面雷达网发现，由于雷达波束受地球曲率的限制，预警时间较短，预警卫星却能克服雷达的这一缺陷。预警卫星通常都发射到地球静止卫星轨道或周期约12小时的大椭圆轨道上，一般由几颗卫星组成预警网，以便对全球的每一空域进行监视。最初的预警卫星借助卫星上的红外探测器，探测导弹在主动段飞行期间发动机尾焰的红外辐射，以获得准确的情报，供指挥机关作出适当的应对。后来为了防止太阳光反射造成的"虚警"，预警卫星上又加装上带有远摄镜头和高分辨率的电视摄像机跟踪导弹，根据导弹尾焰图像的运动轨迹，不同高度上的形状和亮度，及时准确地判明情况并发出警报，组织战略防御和反击。美国60年代初发射的发现者19号以及米达斯号卫星都属于导弹预警试验卫星。1970年11月开始发射"647"综合导弹预警卫星——"国家支援计划预警卫星系统"。这一系统从1970年11月到1982年底共发射13颗。1979年6月起由2颗星改为3颗星组网，1982年实行5颗星组网。卫星采用地球静止卫星轨道，自旋稳定。星上装有对地球定向的红外望远镜，红外探测阵列，高分辨率的可见光电视摄像机，此外还装有中子计数器等核辐射探测器，90秒钟内可把警报信息传到地面。苏联从1967年开始发射预警卫星，卫星系统运行在大椭圆轨道上，每绕地球一周能有5—6小时对美国的导弹基地进行监视，使用3颗以上的卫星组网就可进行全天监视。开始用3颗星组网，1980年起扩大为9颗星组网。

预警飞机是用以搜索和监视空中、海上目标，指挥引导己方飞机执行作战任务的军用飞机。在战时，预警飞机可飞往作战地区，实施警戒和指挥引导，平时可沿边界或公海巡逻侦察敌情，搜集情

报。预警飞机通常由大型运输机改装而成，机内装有先进的预警雷达和指挥控制、通信联络、电子对抗等设备。一般在机身上方带有直径较大的圆盘形雷达天线罩，它是预警飞机的一个外型特征。由于地面和舰载雷达一般都有盲区，所以预警飞机对低空、超低空目标和海上目标的探测能力，要优于舰载雷达或地面雷达，能在更远的距离上发现目标。第二次世界大战后期，美国海军将警戒雷达装在飞机上，成为最早的预警机。早期的预警飞机只有预警功能，随着雷达性能的不断改进，使预警机的功能发展到可同时对多批目标实施指挥引导。1964 年，美国研制和装备了 E－2“鹰眼”(HAWKEYE)双涡桨舰载预警机，机身上方装有直径 7.32 米碟形旋转雷达天线包，对目标的探测距离最近为 360 米，能同时对 600 个目标进行跟踪，并引导截击 40 个目标。1977 年，美国空军装备的 E－3“望楼”(SENTRY)是具有下视能力的全天候远程预警飞机，它装有直径约 9 米的旋转天线罩，在 9000 米高度对低空目标的探测距离约 370 公里，能同时处理 400—600 个不同的目标，引导截击约 100 个目标，并具有搜索水面舰艇的能力。苏联空军于 60 年代末装备了图－126 空中预警飞机，70 年代末开始研制伊尔－76 型预警和控制飞机。预警飞机的出现增强了对空中和海上目标的实时侦察和预警能力。

第三节　C^3I 系统

所谓 C^3I 是英文 COMMAND(指挥)、CONTROL(控制)、COMMUNICATION(通信)和 INFORMATION(情报)的简称。C^3I 系统的概念于本世纪 70 年代末期由美国军方首先提出，其意是指军队的指挥自动化系统，即是将指挥、控制、通信、情报各分系统联结在一起的综合系统。它是现代科技高度综合、相互渗透的

产物。它涉及的学科多而广，几乎应用了当今世界最新发展的一切高技术学科如运筹学、控制论、信息论、电子学、系统工程等成果，并使用了电子计算机及其他电子设备，实现了信息收集、传递、处理的自动化以及决策方法的科学化。80 年代以后，C^3I 系统发展迅速，它同原子弹、火箭、洲际导弹等先进武器系统一起，已成为一个国家战斗力和威慑力量的重要标志，以至前苏联把 C^3I 系统看成是继核武器和航天运载工具之后军事上的“第三次革命”，北约各国则把 C^3I 系统称为“军事力量倍增器”。

一、军事通信网

C^3I 离不开高效率的通信系统，建立军事通信网是 C^3I 系统必须具备的条件。军事通信网是军队根据任务、部署和指挥需要而建立的，由若干通信台站、通信枢纽和通信线路相互联接构成的通信联络系统。军事通信网根据不同的需要可分为固定通信网、野战通信网、战略通信网、战役通信网、战术通信网、指挥通信网、协同通信网、后方通信网、警报通信网、报知通信网等等。现代的军事通信网通常是以多种通信手段和通信枢纽组成的综合通信网，通信容量大，通信路由多，可以传输电话、电报、传真、数据等多种信号，能对指挥、协同、后方、警报、报知等各种通信实施保障。

60 年代以后，一些发达国家的军队纷纷建立现代化的战略军事通信网。美国于 60 年代建立国防通信系统。该系统包括自动电话网、自动保密电话网和自动数字电话网等 3 个共同网和国防部、参谋长联席会议使用的专用网以及国防卫星通信系统等，拥有 130 多个交换中心，使用微波接力、短波通信、对流层散射、卫星和有线通信等多种通信手段，线路总长 6720 公里，遍及五大洲 70 多个国家中的 31000 个军事设施，60％的线路在美国本土。70 年代后期，美国国防部又着手进行第二代国防通信系统的研制，准备向综合业务数字通信网发展。这种新的通信网能传输电话、电报、数据和图像等多种业务，网内以数字信号形式进行传输和交换，美国

第一代的国防通信系统正处于全面更新换代之中。美国正在建设的 C^3I 通信系统还有军事战略、战术与中继卫星(MILSTR)系统,该系统生存能力强,能在数天及数月的核战争条件下进行有效的工作。苏联于 80 年代建立了"卫星通信系统"和"战略话音网"。其中,战略话音网与美国国防通信系统的自动电话网类似,并可充分利用国家电话网进行通信。全国共有 15 个大型转接中心,采用地下电缆、光缆、微波和卫星线路,有较强的话音通信能力。

在建立战略军事通信网的同时,一些国家还相继建立了战术通信网。战术通信网一般使用移动式宽地域自动拨号无线电系统,网内用户可相互进行自动拨号,并通过接口设备勾通网络与其它系统的联络。这些通信网有:法军 60 年代开始研制、70 年代后期建成的里达(Rita)自动综合传输网,装备法国与比利时军队。主要用于军至旅(团)级,是一个分数字双工保密自动选赴的移动通信网,能传输话、报、数据和进行传真。英国于 1973 年初开始研制、1980 年开始试用、1984 年正式启用的"松鸡"(Ptarmigan)通信系统和多功能系统,是移动式宽地域全数字通信网,它由多路无线接力线路互连的数字程控交换机组成栅格状网络。现有的战术通信网还有德国的奥托柯(Autoko)、荷兰的临时系统(Interim-systiem)、美国的三军联合战术通信系统(TRI-TAC)等等。它们的共同特点是抛弃了 60 年代后期的分级连接制,改用分区连接制,只要通过入网设备即可实现网内选址的即时通信,确保部队高度的机动性。战术通信网是战术 C^3I 系统的组成部分。

二、指挥自动化技术

军事指挥自动化技术依赖于计算机技术的发展。电子计算机是装有总控制机构,用以按给定算法使信息处理过程自动化的一整套技术设备。它由硬件和软件两大部分组成。硬件是构成电子计算机系统的各种机械的、磁性的、电子设备的总称,软件是为了让计算机实现计算、交换、分类、归并、抽样、演绎、综合、分析、识

别、判断、决策、制表、拟合、绘图、控制、仿真、通信等任务功能的程序。世界上第一台电子计算机诞生于1946年，由美国两位年轻的工程师莫克利和埃克特研究成功。从第一台电子计算机问世至今，不过半个世纪的时间，电子计算机技术却已经经历了5个大的发展阶段，即从电子管计算机起步，经由晶体管计算机、小规模集成电路计算机，大规模集成电路计算机发展到目前的超大规模集成电路计算机，其功能也已由单纯的数字运算发展到部分代替人脑智能的阶段。由于电子计算机具有运算速度快、计算精度高、信息存储量大、通用性好等特点，在军事上可以用于军事情报的数值计算和信息处理，武器装备的实时控制和精确制导，这就为指挥自动化提供了一个可靠的技术手段。

军队自动化指挥系统是在军队指挥体系中，采用以电子计算机为核心的技术设备与人员，对部队和武器实施指挥与控制的"人一机"系统。它综合运用现代科学技术和设备，把指挥、控制、通信和情报紧密地联系在一起，形成一个多功能的统一系统。军队指挥自动化系统具有信息传递功能、信息处理功能、信息显示功能、决策监控功能、执行检查功能等。它是由包括电子计算机为中心的通过通信网络与各种终端设备相联接组成的自动化机器系统，同时又有保障自动化指挥系统正常工作并完成其特定功能的各种程序，即计算机软件。有些国家从20世纪50年代就开始研究自动化指挥系统。最早出现的是雷达情报指挥系统。以雷达为探测手段获取目标情报并进行传递、综合、分析、显示，以辅助指挥员实施作战指挥。通常由雷达分系统、通信分系统、计算机分系统组成。雷达分系统是目标情报的主要来源，它将不同类型、频段的雷达和敌我识别系统按作战要求组成雷达网，搜集发现空域内的目标，测定其坐标与数量，判别其敌我属性和型号特点。通信分系统由各种类型的有线和无线信道组成，连接各个雷达站和各级指挥所，用以传递雷达情报、指挥命令和其他信息。设在各级指挥所的

计算机分系统实时处理雷达分系统传到的各种目标情报，分析敌方企图和威胁程度，结合计算机内存储的己方兵力情况及其他条件，计算出对策方案，供指挥员参考。1950年，北美联合司令部开始研制雷达情报指挥系统——“赛其”系统，1962年全部建成。初建时有8个防空区，区域指挥中心可处理300—400批目标信息，并能同时对100批目标进行拦截。雷达发现目标后15秒钟即可将信息报告北美防空司令部。但是，“赛其”系统防低空袭击的性能差，自动化程度低，还称不上指挥自动化系统。1959年，美国建立了第一个战略 C^3I 系统——国家军事指挥中心(NMCC)。它是供美国总统和国防部长在平时至三级戒备时指挥军队的中心，设在美国国防部五角大楼内。指挥中心设4个室，第一室为当前态势显示室，第二室为紧急会议室，第三室为通信中心，第四室为电子计算机和屏幕显示设备技术室。1983年美军入侵格林纳达和1986年美军空袭利比亚的军事行动就是在国家军事指挥中心实施指挥的。此后，美国于1960年建立战略空军司令部地下指挥中心，1961年建立战略空军司令部(核)攻击后指挥控制系统(PACCS)和全球机载指挥所(WWABNCP)，1964年建立了备用国家军事指挥中心(ANMCC)，1975年建立了国家紧急机载指挥所(NEACP)等不同类型的军事自动化指挥系统。北约组织于1972年建成“奈其”(NADEGE)系统 。它是由北约组织14个成员国共同出资，将法国、意大利等9个国家的防空系统连接起来并加以改进而成的大型 C^3I 系统，主要任务是探测3万米以下的入侵飞机，指挥歼击航空兵和地空导弹兵进行拦截。60年代以后，一些发达国家都建立了自己的军队自动化指挥系统。70年代，原有的系统得到了改进，提高了系统的互通性、可靠性。80年代以后，在世界上已建成相当规模的军队自动化指挥系统，并在战备执勤、军事训练和局部战争中发挥了重要作用。

在发展战略 C^3I 系统的同时，各国还加强了战术 C^3I 系统的

研制。这种研究工作开始得较早，在第二次世界大战中就已经出现了舰艇情报中心，装有基本靠人工操作的战术数据处理设备。50年代开始，美国加紧了战术 C^3I 系统的研制工作。1961年在驱逐舰“马汉号”、“金号”和航空母舰“奥里斯坎尼号”上装备了NTDS(Naval tactica data system)海军战术数据处理设备，后相继建立了“机动控制系统”(MCS)、“前方地域防空指挥与情报系统”(FAAD2I)、“全信源分析系统”(ASAS)、“高级野战炮兵战术数据系统”(AFATDS)、“空军精确定位攻击系统”(PLSS)、“战术空军控制系统”(TACS)、“海岸警卫队战术 C^3I 系统”、“海军指挥控制系统”(NCCS)等战术 C^3I 系统。1982年，美军提出了“空地一体战”的作战理论，根据这一理论的要求，制定了陆军战术 C^3I 系统的总体方案，由此推动了战术 C^3I 系统的进一步发展。除美国以外，其他国家的军队也积极地发展战术 C^3I 系统。1961年，英国在航空母舰“鹰号”上装备了ADA(Action data automation)战斗数据自动化系统，80年代建成了“韦维尔”(WAVELL)战术 C^3I 系统。德国于70年代后期开始研制“海罗斯”(HEROS)战术 C^3I 系统，80年代在演习中多次使用。世界上其他一些国家，如中国、法国、澳大利亚、韩国、日本、以色列、意大利都研制和拥有战术 C^3I 系统。战术 C^3I 系统的发展对保障各军兵种的作战指挥起着重要作用。

第十七章　电子对抗技术

电子对抗亦称电子战或电磁斗争。其实质是斗争双方相互争夺对电磁波谱的有效使用权，以达到利用或破坏敌方电子设备的功能，同时保障己方电子设备正常发挥效能之目的。电子对抗技术包括电子侦察技术、电子干扰技术和电子防御技术等基本内容。电子对抗技术萌芽于 20 世纪初，形成于两次世界大战期间，战后是电子对抗技术获得全面发展的时期。其技术手段日臻完善，不仅原有的技术如无线电通信对抗、雷达对抗、导航对抗等更趋成熟，还出现了制导对抗、光电对抗、水声对抗、敌我识别对抗、遥控遥测对抗和 C^3I 对抗等新的技术手段。对抗领域也从陆地、海洋拓展到空中乃至外层空间。成为继陆、海、空战场之后的“第四维战场”。

第一节　战后迅速发展的电子对抗新技术

第二次世界大战以后，由于用于军事目的的电磁辐射源越来越多，几乎覆盖了地球的每一寸空间，这就使电子对抗的信息环境日益复杂。早期的对抗手段和设备已不能满足现代战争的需要。随着人类对电磁波频谱的开发利用和微电子技术、计算机技术等的迅速发展，光电对抗、C^3I 对抗、反辐射导弹等技术相继问世并成为当代电子对抗中的主导技术。此外，在现代海战中，水面舰艇除了面临着来自空中的飞机、导弹和海上舰艇的威胁之外，还可能受到水下的潜艇、鱼雷、水雷等的攻击。因此，围绕着水声探测、水声遥感而展开的水声对抗，也已成为现代海战中必不可少的重要

作战手段。

一、光电对抗技术

光电对抗是指作战双方在光波段进行的电磁斗争，即利用光电设备或器材，通过光波的传输作用来获取敌方电子装备的信息，进而采取削弱以至破坏敌方光电设备效能和保证己方光电设备正常工作的技术措施。光电对抗技术于第二次世界大战末期开始兴起。最早应用于军事领域的是由德国首先研制成功的夜战武器——红外夜视仪。它不是利用目标自身发射的红外线来获得目标的信息，而是靠红外探照灯发射的红外线去“照明”目标，以接收目标反射的红外线来侦察和显示目标。这种新式夜战武器初上战场就大显身手，最典型的战例是1945年夏天美、日两军的冲绳岛之战。该岛地形复杂，特别是大量的山洞、岩窟成了先期占领该岛的日军阻挡美军进攻的天然屏障。当美军登陆之后，日军白天隐藏在洞窟中以避免同美军正面交锋，到了夜晚就利用熟悉地形和惯于夜战的优势出来偷袭美军，给美军造成了很大的麻烦。在这种情况下，美军把一批刚刚制造出来的红外夜视仪运到冲绳岛前线部队，并将其装在枪炮上架在日军隐身的洞口。当日军在夜幕的掩护下刚爬出洞口，就被美军的夜视仪清楚地发现并将其击毙。红外夜视仪的实战使用使得原本不善夜战的美军反在惯于使用夜战伎俩的日军面前占了很大的优势，从而对扫清冲绳岛上顽抗的日军起到了重要的作用。

第二次世界大战以后，光电对抗技术进入了全面、快速发展的阶段。50年代中后期，运用红外线遥感技术制造的热成像仪、红外扫描照相机，运用可见光遥感技术制造的电视摄像机以及运用微光夜视技术制造的微光夜视仪、微光电视等相继问世并装备部队，从60年代开始，又发展了多光谱遥感技术和激光探测与制导技术。进入70年代以后，光电对抗技术的发展主要是通过采用一些新材料和新技术以不断提高光电对抗器材的实战性能并不断扩

大其在军事领域的应用范围。如由于使用了砷化镓和镓铟砷磷等具有高灵敏度的新型半导体光电阴级材料，从而使得第三代微光夜视仪比第二代的作用距离几乎提高了一倍。再如由于使用了反束光导和电荷藕合等新技术，从而使得军用电视摄像机对远距离景物的分辨率大大提高，它也由此成为航空和太空侦察最理想、最常用的电子对抗器材。

光电侦察就是利用光电侦察设备，对敌方光电传感、通信、武器控制和制导系统进行侦察，目的是获取敌方光电设备的技术性能（如工作体制、频率、脉冲宽度、重复频率、功率等）和武器系统的配置、部队编制和行动企图等军事情报，为尔后进行光电干扰或迅速提出作战对策并采取有效措施提供依据。光电侦察技术有不同的分类方法。如根据光电侦察的方式与设备的不同可分为主动式侦察和被动式侦察两种。前者是通过发射设备发射激光束或红外辐射，从而实现对敌光电武器的侦察。其设备有滤光探照灯和激光雷达等。后者是光电侦察设备本身不发射光电探测信号，而是靠获取敌方光电设备所发出的光电信号来对目标进行技术侦察，其设备有红外告警器、激光告警器、复合告警器等；根据光电侦察技术手段的不同又可将其分为光电侦察和光电告警系统。前者用来探测、识别和标定敌方的激光雷达、激光测距仪和激光制导武器等发出的激光波束和光源位置、性质。后者一是用来探测和标定敌方主动式红外遥感装置所发出的红外辐射，二是用来探测敌方导弹推进器的炽热气体或对空武器发射时高温所辐射出来的红外线。这些光电侦察和告警系统可以发现敌人相应的光电武器装备，向受到威胁的己方目标告警，使己方系统采取相应的规避、干扰和摧毁措施。

以红外告警系统为例，其基本原理和作用是：红外告警系统接收来袭导弹或敌红外探测器发出的红外辐射时，以光、声的形式发出告警信号。如将该系统装在飞机上，就可以对敌机发射的导弹

进行预警，并引导干扰或采取规避行动。红外告警系统有两种分类方法，一种是分为主动传感器和被动传感器。前者既能发射又能接收红外辐射，后者只能接收而不发射红外辐射；另一种是分为相干传感器和非相干传感器。前者利用入射辐射的空间和时间相关特性进行探测，后者则是探测入射辐射的幅度平均值。光电告警系统尤其是红外告警系统发展很快。特别是进入80年代以来，西方发达国家的军队大都在其使用的主要武器装备上安装了光电告警系统。如法国陆军装备了一种车载或坦克载红外和激光警戒探测器，在记录光频段电磁辐射时，其方位接收范围为360度，俯仰接收范围为+60度到-30度。意大利研制成功的一种Pilone搜索告警系统工作在雷达盲区，可探测掠海面低空飞行的目标。美国空军为B-52飞机研制的复合告警系统，可同时探测红外、可见光、紫外和射频的威胁。目前正在研制的最先进的光电告警系统是一种叫飞眼(Fly's　Eye)的导弹告警系统。该系统采用锑化铟焦面阵以采集红外背景信息。其优点在于它是一种凝固系统，没有活动部件，它能同时处理瞬间信息、光谱和空间信息以降低虚告警率。由于红外、激光技术等用于武器制导，对飞机的威胁越来越大。据统计，1975—1985年间，世界各国空战中损失的飞机有90%是由红外寻的空空导弹和地空导弹所致。为此，各国都正在加紧研制新型的告警系统以提高先进战术战斗机的生存能力。

光电干扰就是依据侦察到的信息，利用光电技术和光电器材，通过光波的作用来阻碍敌方有效地使用电磁频谱，使其光电设备不能正常工作甚至完全失效。根据自身是否产生光电辐射可将光电干扰分为有源干扰和无源干扰两种。有源干扰是使强光束和干扰信号以一定的能量和频谱直接进入敌方光电传感设备，使之失去正常工作能力。按其对敌方光电设备破坏性质的不同，有源干扰又分为压制性干扰和欺骗性干扰。压制性干扰是使用强脉冲波

激光束和连续波激光束，直接对敌方的激光测距仪等设备照射。其主要方法有：致盲式干扰，即利用致盲武器使敌光电传感器饱和过载或使人眼致盲；推毁式干扰，即采用激光束武器或反激光辐射导弹以推毁敌人的光电系统；脉冲式干扰，即使用铯灯、弧光灯等红外线光源和高速开关，向敌方导弹的寻的器发射强大的红外脉冲，使其信号处理功能发生混乱，丧失跟踪攻击的能力；红外线调制干扰，即用电或燃料来加热陶瓷等红外线发生源物质，然后将经过机械性调制的红外线光向敌方导弹发射，以使其红外线寻的器发生混乱。此外还有一种闪光信号灯式的干扰方式，它是在大型飞机机翼的左右两端安装红外线光源，使之按适当速率交替闪光，从而使导弹的飞行方向产生大幅度摇摆。欺骗式干扰是用干扰发射机或无线电台，模拟敌方信号的特征或己方目标的回波特征，发射各种假信号，诱使敌人上当受骗。其主要方法有：回答式干扰，即当收到敌光波信号后，发射一个或数个经过虚假信息调制的信号应答，从而使敌光电设备收到错误信息；诱饵式干扰，即用假信号或假目标使来袭的光电制导武器偏离正确的方向而失效，如当己方目标受到敌方导引指示激光照射后，立即破译出该激光的有关参数值和编码结构，然后发射与敌方激光的波长、重复频率、编码相同的激光束照射远处一个反射较强的角反射体假目标，产生一个更强的返回光束，引诱激光制导武器去攻击假目标以保护真目标；散波式干扰，即通过大气由激光所产生的散射波来干扰敌方的光电武器装备。不论哪一种干扰方法，其设备一般都是由侦察接收机、干扰发射机和引导控制设备等部分组成。侦察接收机是光电干扰设备的耳目，其作用是为对敌实施干扰提供技术数据。干扰发射机是光电干扰设备的战斗部，其作用是通过发射天线发射具有强大能量的干扰信号。引导控制设备是光电干扰设备的心脏，其作用是控制干扰发射机对准要干扰的敌方目标所在的方位，同时准确地把干扰信号频率引导到敌方信号的工作频率上。光电

干扰技术中的无源干扰是利用本身并不产生光频辐射的干扰物反射或吸收敌光电信号，以达到干扰敌光电系统的目的。常用的无源干扰物主要有：涂料及伪装，即在被掩护目标上涂以吸收性较强的涂料，使其光电回波信号十分微弱，以致于敌方的光电系统无法探测到它；烟幕遮障，即利用红外线和激光怕烟雾的特性，在目标遇到激光照射时，立即施放烟幕、喷射水雾或撒布黄磷、六氯乙烷等化学气熔胶，以此来阻碍激光束和红外辐射的传播，使激光能量骤然衰减，导弹无法命中目标，或烟幕上的光点给激光引导头造成一个虚目标，一旦激光引导头追踪这个光点就会受骗，它是对付激光武器最有效的手段；箔条诱饵，即通过投撒涂有发热涂料的金属箔条或镀膜箔条，在空中形成"热云"和激光反射云团，以引诱跟踪的导弹。此外，通过采取各种方法来屏蔽或改变己方装备的辐射能量或特性，如降低飞机发动机的喷气温度、在喷气中添加附加物、采用隔热材料、改变辐射波长等，也能有效地削弱敌方光电系统的探测精度和避免敌方光电制导武器的跟踪、攻击。

实战中实施光电干扰的平台主要有地面的陆基式、海上的舰载式和空中的机载(包括投掷式)式三种。以陆基为平台的光电干扰武器主要有固定式光电干扰站、车载式光电干扰台等。它们的主要任务是通过实施有源干扰，来保护己方的地面部队和目标。以舰艇为平台的光电干扰武器主要是海上专用的电子干扰舰船。其上除载有光电干扰武器外还载有无线电通信干扰、雷达干扰、水声干扰等多种电子干扰武器，其特点是干扰功率大、干扰方式多样、覆盖范围大、自动化程度高。它主要是用来执行战役性和战术性的电子干扰任务，有时也担负战略性的电子干扰任务，它是信息时代进行现代海战的重要力量。以飞机为平台的光电干扰武器主要有电子干扰飞机、遥控式电子干扰飞行器(又称无人驾驶飞机)和投掷式光电干扰机等。它们既可以用来实施有源干扰，也可以用来实施无源干扰。随着计算机技术的发展，还出现了以计算机

为控制中枢，由具有不同功能的光电侦察、干扰设备组成的综合光电干扰系统。这种系统不但能自动地对敌方各种光电设备的信号进行分析、判断，并根据对自己的威胁程度，确定重点干扰对象，而且能从时间上、空间上合理分配干扰功率，以便干扰多部光电设备。同时在干扰时还能选用合适的干扰机，确定最佳的干扰样式，选择最恰当的干扰时机，使干扰措施最为有效。

光电反侦察与反干扰是根据光电侦察与光电干扰的基本原理和使用的手段而采取的对抗措施。就装备而言，并没有专门的“光电反侦察与反干扰机”，只不过在光电武器装备中附加上了以对抗光电侦察和光电干扰为目的的技术。就技术手段而言，光电反侦察与反干扰的主要措施有：采用编码技术，即对光电设备输出信号的振幅、相位、频率和脉冲宽度等进行编码处理，使敌方很难接收或解调；采用多光谱技术，即使用在多个光谱波段都能正常工作的设备，使其能识别经过伪装的军事目标，以提高其反侦察与反干扰的能力；提高对假目标与背景的鉴别能力，即通过采用空间滤波和光谱滤波等技术来消除背景或人为干扰；采用抗干扰电路，即采用接收目标回波光信号的选择电路，只对目标回波光信号打开接收通路，这样就可以有效地抑制背景辐射的干扰；采用多种制导方式，即当一种制导方式失败后，可由其它方式的制导信号来保持对导弹的正确引导；采用隐形技术，即在热辐射源周围增加一个致冷屏蔽，使导弹寻的头难以发现它。光电反侦察与反干扰技术在战后爆发的局部战争中发挥了重要的作用。如 1972 年春，越南在战场上用苏制的“萨姆”－7 型红外制导导弹对付美国飞机，使未及时采用光电对抗措施的美机在 3 个月内就被击落了 24 架。当美军采取了发射红外诱饵弹等干扰措施以后，这种导弹就逐渐地失去了效用。越南战争还未结束，前苏联就迅速组织力量对“萨姆”－7 导弹进行改进，主要是针对美军施放的光电干扰加装了红外滤光片等反干扰设备，并把导弹的寻的波长调到飞机排气热源的

辐射波长上,同时滤除其它热源的辐射干扰。从而使经过改进后的“萨姆”－7导弹在翌年爆发的第四次中东战争中威力大增。开战不到一个月,以埃及和叙利亚为首的阿拉伯国家军队使用这种导弹就击落了以色列军队的几十架战斗机和数架直升机。随后不久,以色列又针锋相对地采用了红外干扰机和“喷油延烧”等红外干扰手段,使其飞机的损失大为减少。

二、C^3I对抗技术

C^3I对抗技术是C^3I系统出现的必然产物。20世纪80年代以后,C^3I系统发展迅速,它同原子弹、火箭、洲际导弹等先进武器系统一起,已成为一个国家战斗力和威慑力量的重要标志。在80—90年代爆发的一系列高技术战争,特别是海湾战争中,C^3I系统作为高技术战争的“大脑”、“耳目”、“神经”,显示了无处不在、无时不有的神威。因此,能否保持己方C^3I系统的领先地位,是关系到战争全局的战略问题。为了取得现代战争的主动权,斗争双方都力图破坏对方的C^3I系统,使其不能工作,同时保障己方的C^3I系统发挥应有的效能。这就形成了C^3I对抗的概念。按照美军的定义,C^3I对抗是在情报部门的支援下,综合运用作战保密、军事欺骗、电子干扰和实体摧毁等手段,阻止敌方获得情报,影响、削弱或破坏敌方的C^3I系统能力,同时保障己方C^3I系统免遭敌方类似行动的破坏。所以,C^3I对抗的中心思想是把干扰、军事欺骗、实体摧毁结合起来,使之成为以“软压制”与“硬杀伤”相结合的有效作战手段。

C^3I对抗在实战中有很大的作用。C^3I对抗的主要目标是敌方C^3I系统的重要结点。所谓重要结点是指敌方C^3I系统中的一个或几个要素、阵地或通信实体,它一但受到干扰,就会立即削弱部队指挥控制的能力和实施有效作战行动的能力。以1986年3月爆发的美军空袭利比亚战争为例:3月24日和25日美军空袭了锡德拉湾,4月15日美军又空袭了的黎波里和班加西。在第一

次空袭中，美军共发射4枚高速反辐射导弹，摧毁利比亚2个萨姆-5导弹基地。由"宙斯盾"系统发射"鱼叉"导弹2枚，A-6攻击机发射"鱼叉"导弹6枚，还投掷了若干集束炸弹和激光制导炸弹，击沉利比亚舰艇3艘，重创2艘。而利方至少发射了6枚"萨姆"-5和1枚"萨姆"-2导弹，但无一命中。在第二次空袭中，美国共出动飞机150余架(其中攻击预定目标的作战飞机仅30架，其余飞机则执行预警指挥、侦察、加油、干扰、掩护以及搜索救护任务)分别由位于伦敦附近的拉肯希思、米尔登霍尔和费尔福德3个基地起飞，穿过直布罗陀海峡，经过4次空中加油，飞行5000余公里，对利比亚实施"外科手术式"的远程奔袭轰炸。整个轰炸攻击行动持续12分钟，共投掷炸弹150余吨，炸毁利比亚军用飞机14架，炸伤多架，摧毁雷达站5座。由于利比亚雷达站遭攻击而迷盲，地空导弹只能盲目射击，无一命中目标，仅阿齐齐亚兵营的老式四联装高炮击落了1架来袭的F-111飞机使美两名飞行员丧生。在这场实战时间仅为数小时的战争中，美军之所以能以如此小的代价取得迅速的胜利，先进的C^3I对抗技术起到了至关重要的作用。在第一次空袭作战中，美军EA-6B电子对抗飞机使用欺骗式干扰，成功地将利军发射的多枚萨姆-5导弹诱至无效空间爆炸或坠入大海。A-6、A-7攻击机发射的高速反辐射导弹，摧毁了利比亚两个导弹阵地上的制导雷达。美军的空中预警机，电子侦察机和舰载"宙斯盾"电子对抗系统还及时发现了利导弹阵地上的雷达信号，以及向美军特混舰队开来的利军导弹艇，并引导突击飞机和发射反舰导弹，有效地攻击了这些目标。在第二次空袭行动中，美军4架EF-111电子干扰飞机始终跟随作战，该机配装的10台高功率发射机，施放强烈的电子干扰，使200公里内的利比亚雷达失灵。在F-111型战斗轰炸机进入目标上空时，电子干扰飞机上的欺骗式干扰机和消极干扰投放器施放假雷达信号，诱骗利军防空火力，使其无法捕捉到真目标，并引导美军反辐

射导弹攻击利军沿岸雷达站。A－7、F/A－18战机在电子干扰飞机的配合下，先后发射了约50枚“百舌鸟”和“哈姆”型反辐射导弹，使利比亚整个防空系统处于瘫痪状态。在A－6型攻击机对班加西方向两个目标实施攻击时，EA－6B型电子干扰飞机对利军防空导弹和高炮的火控雷达进行干扰，并引导攻击机对目标实施准确的攻击。为了夺取战场的主动权，美军还建立了一个从水下到太空，多层次、全方位的预警监视情报网。在天上有4颗电子侦察和照相侦察卫星；在空中有SR－71高空侦察机并部署有2部E－2C预警机和14架EA－6B电子干扰和电子情报平台；在海上有“宙斯盾”舰载指挥控制系统等电子侦察设备；在水下有4艘载有声纳和电子侦察系统的核潜艇；在意大利兰佩杜萨岛上还设有岸基雷达和信标台。这些先进的电子系统，构成了一体化、立体的“天罗地网”，能实时截获空情、海情的电子情报，并控制武器系统快速反应。因此，尽管利军萨姆－5导弹的制导雷达多次变频，但一开机就被美军立即截获，并实时传递到“科罗拉多号”旗舰的指挥控制中心，指挥调定反辐射导弹的频率，起飞A－7攻击机。然后，EA－6B电子对抗飞机再把目标战术诸元传递给A－7战机，引导它沿指定的航线进入发射部位。“宙斯盾”系统还能跟踪攻击己方飞机的导弹并把动态位置数据实时传给受袭飞机的驾驶员，提供早期精确预警，保障遭袭飞机摆脱来袭导弹。由此可见，美军对利比亚的成功空袭，在很大程度上要归功于其对战区“制电磁权”的掌握，即美军以大量机载、舰载电子对抗装备组成了多层次、全高度、全方位的实时电子预警、侦察、干扰系统，从而使得利军战区范围内可供使用的所有警戒雷达、制导雷达、指挥控制中心、防空导弹以及炮瞄雷达、军事通信设施等全都受到了压制性电子干扰而无法正常工作。

C^3I对抗的技术手段包括“硬杀伤”和“软杀伤”。对C^3I的“硬杀伤”主要是采用对电子设备摧毁的手段，如使用地面炮兵火力，

歼击航空兵、轰炸航空兵、强击航空兵火力，舰炮火力和战役战术导弹、反辐射导弹和反辐射无人机等，对敌电子设备进行摧毁，必要时还可使用电磁脉冲弹和定向能武器使敌 C^3I 系统瘫痪。对 C^3I 的“软杀伤”主要是使用干扰和欺骗手段，如在重要方向、时刻，对敌 C^3I 系统的重要电子目标集中各种干扰手段实施有效的干扰压制等。此外，利用计算机“病毒”干扰敌方 C^3I 系统的中枢——电子计算机，也是 C^3I 对抗的一种重要技术手段。所谓计算机病毒是一种能破坏计算机系统正常工作又隐蔽较深、极易传播的小程序。计算机病毒和生物病毒一样，依附于一定的载体存在，其主要寄生方式有三种。一是寄居于计算机的“中枢”——操作系统中，以病毒区取代正常的系统引导部分。二是依附于一个主程序的周围，当这个主程序执行时，病毒首先发出动作，以达到干扰、破坏之目的。三是侵入现有应用程序中。计算机病毒的传播方式主要有两种：一是通过软盘传播，即在软盘进行拷贝和相互借用、出售过程中传播；另一种是硬件传播，即在计算机设计时便把病毒掺杂进去，并以此为基地向其他计算机传播。计算机病毒对计算机造成的影响和后果，轻者可以消耗计算机的时间、空间资源并干扰计算机的运行，重者可以引起大量数据丢失，计算机不能调用某些设备和硬盘，使系统严重受损甚至崩溃。利用计算机病毒既可以窃取情报，即将“病毒”程序通过一定方式引入到对方的计算机系统，以直接获取计算机内存信息；也可以扰乱、破坏武器控制和自动化指挥系统，如把计算机病毒调制到电子设备发射的电磁波中去，把病毒注入到敌方无线电接收机中去，使病毒从电子系统的薄弱环节进入，然后在系统中扩散。或者利用电子设备的配套设备如天线系统、电源系统、稳定系统、传感系统、驱动系统等进行计算机病毒的传播和扩散。为了对付令人头痛的计算机病毒，科学家们和军事工程技术人员想了不少办法，根据计算机染上病毒后不立即发作这一特点，主要可采取两种防御措施。一种是主动防

御，如研制新的电子对抗设备，将“病毒”扼杀在电子设备以外，若病毒进入配套设备，想法将其消除，以防其蔓延到计算机。一旦蔓延到计算机，就利用一种装置立即中止计算机的运行，然后将病毒消除，避免控制系统失控而遭受不应有的损失。这种装置在我国已研制成功，属国际首创。它是采取软件与硬件相结合的方法，设计一块微机卡，将该卡插入微机的扩展槽后，该机即具有免疫功能。一旦发现有程序染有病毒，计算机立即中止运行，并向用户发出警告。然而要适应未来更复杂的计算机病毒战，还要研究更先进、更可靠、更全面的防御器材来。另一种是被动防御，主要是利用软件检查、测验、识别计算机系统并提供纠正的方法以消除感染。

三、反辐射导弹及防护技术

反辐射导弹技术的发展。在电子对抗技术领域，除了利用电子干扰手段来降低或削弱敌方电子设备的使用效能，即对其进行“软压制”以外，还有一种更直接、杀伤力更强的对抗手段，即使用某种武器装备将敌方的电子设备彻底摧毁，故通常将其称为电子对抗中的“硬杀伤”手段或“挖眼”战术。在科学技术迅速发展的今天，对敌方电子设备的干扰难度越来越大，因此采取这种“硬杀伤”的手段就显得更为重要。用一般的常规火力当然也能实施对敌电子设备的摧毁，但受制于很多因素，如火力的有效射程、毁伤范围以及不容易对敌方电子目标的位置作出准确判定等，因此难以达到理想的效果。自从反辐射导弹技术问世后，以上难题迎刃而解，反辐射导弹也因此成为当代局部战争中应用最多的电子对抗武器。所谓反辐射导弹，就是自身不辐射电磁波，也不用照射雷达对目标进行照射，只是利用敌方雷达等电磁目标所辐射的电磁波进行自行导引，专门用于摧毁敌方雷达及其载体的导弹，故又称为反雷达导弹。这种导弹属于一种精确制导武器，实际上也是一种特殊的电子防御武器，因为它不仅是由敌方电子设备制导的，而且它

的攻击目标也是敌方的电子设备及其载体。反辐射导弹通常由导引头、战斗部、控制系统和发动机四个部分组成。其基本的工作原理是，当载弹飞机被敌方雷达跟踪后，导弹导引头（实际上是一部无源雷达）内的高灵敏度宽带电磁信号接收机立刻接收该雷达电磁波，并利用其辐射的电磁波束能量及其寄生辐射电波作为信号源，通过控制系统捕获和跟踪敌方雷达发射机，导引导弹飞向目标并将其摧毁。世界上第一种反辐射导弹是美国的 AGM－45A“百舌鸟”空对地导弹，它于 1964 年开始装备美国空军，1965 年 5 月在越南战场上投入使用。其制导方式为被动式无线电寻的。装有这种导弹的飞机，一般先在地面防空火力有效射程外围盘旋飞行，引诱地面雷达跟踪，以便测定其位置。当地面雷达转入自动跟踪状态时，飞机进入雷达波束，经瞄准后在选定的距离、高度上对雷达发射导弹。但这种导弹上缺乏目标信息的记忆装置，如果目标雷达突然关机或改变频率，都有可能摆脱导弹的攻击。北越的防空雷达就曾采取关机、管制辐射或缩短雷达的搜索跟踪时间等对策取得了一定的效果。1968 年，美国又研制出第二代反辐射导弹——AGM－78“标准”反辐射导弹。这种导弹加装了由电子计算机控制的目标识别和捕获系统，即使被跟踪辐射源突然关闭，仍能沿着原来的航路导向目标。为了对付这种导弹，越方又采取了一些新的技战术措施，如装备移动式雷达，适时转移阵地；用摆动雷达波束，断续开关雷达以及改变工作频率的方法，使反辐射导弹很难探测和跟踪目标信号；发射模拟制导雷达的无线电波，以诱惑反辐射导弹等。1982 年，美国研制成功了第三代反辐射导弹——AGM－88A“高速反辐射导弹”。该导弹的被动寻的器灵敏度很高，不仅可在载机的雷达告警系统捕获目标后按照发射控制计算机的指令对目标进行被动寻的，而且可在不给指令的情况下自主地捕获目标，自动寻的攻击，从而大大提高了作战灵活性和对敌雷达的压制能力。在美国空袭利比亚、贝卡谷地以色列空袭叙利亚

以及海湾战争中,这种反辐射导弹都取得了令人瞩目的战果。

反辐射导弹的防护技术。任何武器都不是万能的，反辐射导弹也不例外。为了对付反辐射导弹，人们在实践中逐步总结、摸索出不少技术和战术措施。就技术防护而言，主要有以下措施：一是采用多谱勒技术以提高对发射后的反辐射导弹的测量精度。二是采用频率捷变、多频工作和脉冲重复频率跳变技术，使反辐射导弹在载量有限的情况下难以有效地探测到这种雷达。三是运用雷达网技术，使两部或多部单脉冲雷达相对独立工作，分别以相同的载频发射单脉冲以制造白色噪声，从而使反辐射雷达的跟踪能力下降甚至丧失。四是采用伪装技术，降低其背景的对比度以对付用电视末制导的反辐射导弹。五是对雷达站，尤其是发电机实施热屏蔽，以抑制或屏蔽寄生电磁辐射和雷达的红外辐射。六是降低天线旁瓣，减小波束宽度和控制发射功率，使反辐射导弹难以从主瓣进入。七是发展双站或多站雷达，将发射站与接收站分开配置，接收站设在战区前沿，发射站设在严密设防的后方或预警飞机上，使反辐射导弹难以接近。八是使用雷达、红外、电视等多种跟踪方式，并根据导弹制导方式灵活变换，使导弹导引头失灵。此外，还可综合采用欺骗、干扰等防护措施，如部署伪辐射源、配置诱饵系统、用有源或无源干扰使反辐射导弹的无线电引信不能引爆或提前引爆以降低其命中概率等。就战术防护而言，主要有以下措施：一是提高雷达操作员的战术素养、技术水平和反应速度，以便及时、准确地发现反辐射导弹的载机和导弹的发射。二是严格控制雷达开机，缩短雷达至载弹飞机的开机距离，使敌机来不及瞄准攻击。三是用几部雷达巧妙地转换接替工作，诱使反辐射导弹脱离雷达波束而不能命中。四是修筑坚固的防护工事，并采用可升降天线。这样，即使反辐射导弹命中雷达站，也可以减少兵器和人员的损伤。

四、水声对抗技术

水声对抗技术源于对声纳等水声信息设备的研究和应用。所谓声纳是英文 SOUND NAVIGATION AND RANGING(声导航与定位)的缩略语 SONAR 的音译。它是利用水声传播原理对水中目标进行传感探测的技术装备。声纳既可用于对水中目标的搜索、测定、识别和跟踪,也可用于进行水声对抗、水下战术通信、导航和水下武器(如鱼雷、水雷)的制导等。按自身是否发射声波信号可将声纳分为主动式和被动式两种。前者自身发射声波信号,靠目标反射的回声信号来搜索测定目标。后者自身不发射声波信号,靠捕捉水声和水下目标在航行和工作时所辐射的噪声(推进器噪声和其他机械运转时发生的噪声)来搜索目标和推算其方位、速度、距离。对声纳技术原理的认识可以追溯到 20 世纪初。法国科学家朗之万和英国科学家波依尔是将电子学与声学相结合从而研制出声纳的先驱。但直到第二次世界大战爆发时,实用型的声纳才开始生产并装备舰艇。它刚一问世即在战争中显示出强大的威力,成为潜艇的致命大敌。1943 年,纳粹德国首先发明了声自导鱼雷,实现了鱼雷的自动跟踪攻击,并使鱼雷的命中率大大提高。为了对付这种鱼雷,水声干扰武器应运而生,在二战期间就采用了在潜艇的外表覆盖橡胶吸声层的水声干扰措施。

第二次世界大战以后,随着信息技术的进步,多种水声武器相继装备部队,与之相对抗的各种水声干扰武器与措施也不断出现,并已成为现代海军必不可少的重要作战手段。水声对抗的武器平台主要有水面舰艇、潜艇和飞机等。水面舰艇声纳的主要任务是进行反潜探测。在舰体的水下部分一般装有 5 部以上的舰壳声纳,它们具有功率大、探测距离远的特点。为了更精确地探测潜艇,水面舰艇还装有变深声纳,它可以在不同水深进行探测。有的水面舰艇还装备有拖曳线列阵声纳和吊放式声纳等多种声纳;潜艇声纳的主要用途是探测水下和水面目标,并为鱼雷攻击提供各种目标参数。专门用于攻击水下潜艇的的攻击型核潜艇载有的各

种声纳多达 10—15 部；机载声纳是由反潜巡逻机和反潜直升机携带的一种以反潜探测为主要目的的声纳设备。常用的机载声纳主要有吊放式和浮标式两种。前者由直升机携带，当直升机悬停在搜索海域上空时，通过电缆将其垂放入海水中一定的深度上，进行搜索探测，接收到的水声信息再通过电缆传送回载机。后者由飞机或直升机携带，飞临搜索海域上空时投放入海中，在海上漂浮，由载机遥控或自主地进行搜索，它是一种一次性使用的消耗性器材，工作寿命一般在几十个小时以内。

水声干扰技术是运用多种手段干扰和诱骗敌方各种武器或武器载体上的声纳等水声信息设备，以干扰其探测、摆脱其跟踪、掩护己方目标脱离危险区域，或保证己方水中兵器的作用得以正常发挥的技术。水声干扰技术的核心是通过减少己方目标水声信息的辐射或给敌方水声探测装置制造虚假信息，以使其无法获得真实有用的信息。水声干扰与电子干扰、光电干扰的工作方式基本相同。按其是否辐射水下声波，可分为有源性水声干扰和无源性水声干扰两种。有源性水声干扰也可分为压制性干扰和欺骗性干扰，当代水声干扰武器的发展方向是兼具压制性干扰和欺骗性干扰两种功能。压制性水声干扰武器又称噪声干扰器，其工作原理与电子干扰中的雷达杂波干扰机相似，主要用来发射大功率宽频带水声杂波信号，以淹没、遮盖对方声纳设备收到的目标信号，使其不能正常工作。欺骗性水声干扰武器又称模拟干扰器，主要是通过模拟潜艇的噪声、尾流和磁场变化等诱骗敌方声纳，使之探测失误，或使声自导鱼雷偏离其预定攻击目标。欺骗性水声干扰武器有回声重发器、噪声模拟器、潜艇模拟器和水声诱饵等。回声重发器的工作原理是把侦听到的敌方主动式声纳发射的声波信号加以放大，再瞄准敌方声纳的信号工作频率重新发送回去，如同回声一样对敌进行定向干扰；噪声模拟器主要是通过噪声发生器和潜艇、舰艇的自噪声录音等，把自噪声放大并发射出去，使敌方的声

纳追踪假目标而放弃真目标;潜艇模拟器是一种能模拟潜艇的噪声、尾流、航速、机动能力及磁场变化等特性的投放式干扰武器。它的形状和尺寸都同鱼雷相似,电力推进,尾部拖曳着一根长达30米的铜电缆,以模拟潜艇的磁场特性。潜艇在发现被敌方声纳或鱼雷跟踪时,可投放此模拟器,诱使敌方跟踪和攻击假目标,以达到虎口脱险的目的;水声诱饵是一种广泛应用于水面舰艇和潜艇,以模拟载舰或载艇特性来对敌主、被动声纳和声自导鱼雷实施欺骗式干扰的信息武器。水面舰艇用鱼雷诱饵分拖曳式和自航式两种,潜艇用水声诱饵则分自航式和漂泊式两种。拖曳式和漂泊式水声诱饵主要是模拟舰艇的噪声信号,而自航式水声诱饵则不仅可以模拟噪声,还可以模拟舰艇的航迹、磁场等信息特征,更逼真地进行欺骗式干扰。无源性水声干扰武器与措施主要有气泡幕、气幕弹、悬浮金属颗粒假目标、吸声涂层以及舰艇的其它降噪措施等。气泡幕是潜艇常用的一种无源性水声干扰手段。它通过向水中散发一种化学物质,经于海水化合反应,产生大量的气泡,在潜艇周围形成一道由浓密的气泡组成的“帏幕”。气泡幕既可以使敌方主动声纳发射的声波产生大量无用而杂乱的反射信号,又可阻断需保护目标对主动声纳的反射信号和目标自身噪声信号的辐射,以扰乱敌方水声装置对己方目标的信息探测;气幕弹是一种与气泡幕的作用相类似的水声干扰武器,所不同的是可用发射装置将其定向地发射至一定的距离,从而使敌方更加难以判断潜艇的准确位置;悬浮金属颗粒假目标是向水中喷射一种能吸附金属颗粒的粘胶物质,它所反射的声波信号可模拟潜艇的形态,以此造成一假目标,对敌方的水声探测与制导装置进行欺骗式干扰。潜艇的降噪措施很多,如改进动力装置的设计,采用新的机械结构以减少机械噪声;改进螺旋浆的设计以降低其空泡噪声;在潜艇壳体上敷设吸声或无回声瓦及涂层以有效地吸收敌方主动声纳发射的声探测信号等等。目前,美国在潜艇的声波“隐身”技术方面的研

究已经进入实用阶段。如在新研制的 SSN－21“海狼”级核潜艇上，设计的是低噪声动力装置，其机械设备安装在隔音座垫上，并广泛采用消音涂层，安装能降低高速航行时噪声的推进器，力图实现所谓最大无噪声航速。

第二节　战后电子对抗技术的应用特点和发展趋势

战后电子对抗技术之所以获得全面、迅速的发展，一方面是同当代科学技术特别是电子科技的长足进步分不开的，另一方面也是由当代战争特别是高技术条件下的局部战争所推动所策应的。作战手段不断高技术化的客观现实，既使得电子对抗技术的实战应用呈现出许多新的特点，又进一步刺激着电子对抗技术以更快的速度向前发展。纵观战后爆发的历次局部战争可以看出，谁拥有了对电磁频谱的有效使用权，谁就能以最少的损失、最低的代价赢得战争的主动权。

一、当代局部战争中电子对抗技术的应用特点

一是大量使用机载和星（人造地球卫星）载电子对抗设备。早期电子对抗的作战平台主要是地面的电子侦察、干扰台站和海上的电子侦察、干扰舰船。这些平台有其自身的弱点，如机动性能差、作用距离近、易暴露并被敌方火力摧毁等。而以飞机和卫星作平台则能较好地弥补这些不足。而且在当代战争中飞机所发挥的作用越来越大，但由于它面临着空中的机载雷达、空空导弹以及地面和海上的防空雷达、防空导弹和由雷达控制的高射炮群等多种武器的威胁，因此，要提高自身的生存能力也要求在其上配置电子对抗设备。如在越南战争的开始阶段，美军没有在飞机上装备电子对抗设备，只是用地面的固定台站向其突击飞机和侦察飞机报知敌方雷达的辐射情况。当 1965 年 3 月美国空军开始对越南北

方实施代号为"滚雷"的轰炸行动时,很快就遇到了越方由雷达引导控制的高炮群和地空导弹所组成的火力配系的对空射击,防空导弹的命中率一般达到95%,致使美国空军遭受重大损失。为此,美国动员了数十家公司、大学和科研单位进行攻关,几个月后就在一些飞机上装载了雷达告警接收机和干扰机。1966年后期又加装了干扰吊舱,使得越南防空导弹的命中率大为降低。据统计,1965年底萨姆-2地空导弹刚部署时,平均每2枚导弹击落1架美机。在美机逐步改进干扰措施后,萨姆-2地空导弹的作战效果一再下降,平均击落1架飞机所需发射的导弹从10枚逐步增大到50枚、66枚乃至84枚。1968年10月以后,美军又采取了一系列新的措施,如将机载的单一性杂波干扰机改进为复合式干扰机,既可产生杂波干扰,又可产生回答式脉冲干扰,还能互相转换使用;将侦察告警系统与干扰设备进行组合,实现自动告警和干扰,提高了机载干扰设备的反应速度。由于美机施放干扰的技术不断改进,使得越方的制导雷达几乎完全失去了跟踪作用,其地空导弹操作员对于95%以上的目标只好改由手控跟踪射击。从1970年开始,美军在袭击河内、海防等城市以及越南南部地区时,又使用了专用电子对抗飞机,以密集式的电子压制手段来保证航空兵的行动。在战术航空兵以大编队去攻击大型目标时,通常有超出攻击飞机1.5—2倍的电子对抗飞机为其提供电子防护。最值得一提的是EA-6B电子对抗飞机。它是1972由美国海军在EA-6A飞机的基础上改制的。机上载有ALQ-99雷达干扰机,这是最早由计算机控制的大功率噪声雷达干扰机,能准确地将辐射信号对准所发现的特定威胁。机上的ALQ-92通信干扰机能够压制敌方引导歼击机的超短波通信和防空指挥系统100—300兆赫的无线电通信。ALQ-126干扰机能够对探测雷达施放脉冲回答式干扰,以破坏地空导弹、空空导弹的自导引。ALR-62电子侦察机,能够截获所有飞机上的4000—10500兆赫的脉冲和连

续波信号并进行定向。此外机上还载有 ALR－42 侦察接收机和 ALE－29A 箔条和曳光弹投放器。除了专用电子对抗飞机以外，在一般的轰炸机上也携载着各种电子对抗设备，如 B－52 飞机上便装有近 20 种电子对抗设备，可以干扰压制 30—10900 兆赫频段内多种雷达和通信设备。随着越南战争的发展进程，美军几乎所有的作战飞机上都装备了三种基本类型的电子对抗设备：雷达告警接收机、干扰机和一次性使用干扰物。这场战争中的机载电子对抗成了电子对抗领域中最活跃、最广泛、最主要的组成部分，开辟了航空电子对抗的新天地。

星载电子对抗设备主要是在卫星上装载的用于进行太空侦察的电子设备系统。由于太空侦察卫星具有速度快、效率高、搜索范围广、不受国界和气候条件限制等优点，因此可广泛用于侦听、监视、截获他国各种电子设备所辐射的电磁信号，并测定辐射源的地理位置。如在 1991 年 1 月爆发的海湾战争中，以美国为首的多国部队就使用了 5 颗太空侦察卫星。其中有第五代和第六代照相侦察卫星 KH－11 和 KH－12、"长曲棍球"微波遥感卫星和"防御支援项目"导弹预警卫星等。侦察卫星所得到的信息，通过国防通信卫星传至地面处理中心，经计算机分析、查明情况后再传至前线指挥中心。美军的"爱国者"防空导弹之所以能较为成功地拦截伊拉克的"飞毛腿"导弹，侦察卫星发挥了关键性的作用。其过程如下：当侦察卫星发现准备发射的"飞毛腿"导弹后，立即将警报传到澳大利亚的地面接收站，然后传递到利亚得的美军中央总部，总部迅即发出"飞毛腿"警报，这一过程总共只需 90 秒钟。一旦侦察卫星发现"飞毛腿"导弹已发射，信息通过同样渠道传回。"爱国者"导弹连收到此预警情报后，操纵手在作战控制室内监视与相控阵雷达相连的显示屏，搜索、跟踪来袭导弹。战术控制导弹军官一般在离控制站 80 公里处将电子十字线对准导弹在荧光屏上的闪亮点。这时离导弹落地时间只有 40 秒。操纵"爱国者"导弹的人员按下

“识别与迎击键”，高速运转的软件系统计算出空袭导弹的航路、速度和可能的命中点。控制系统自动决定哪一部发射架最利于拦击来袭目标。导弹发射后，雷达照射目标并将接收到的目标反射信号数据传回地面，作战控制室再将指令发送给导弹制导系统，通常在1万米至3万米之间截住目标并采用近炸引信将其击毁。

二是多种电子对抗手段综合运用。第二次世界大战结束以后，特别是80年代以来爆发的几场局部战争，一个显著的特点就是交战双方都十分重视争夺制电磁权，为此都使用了大量先进的电子对抗设备。这就使得战场的电磁环境日益复杂多变，仅靠单一的电子对抗手段已经很难奏效。因此，把有源干扰与无源干扰，压制性干扰与欺骗性干扰，无线电通信干扰与雷达干扰、光电干扰以及水声干扰等结合起来，把电子干扰与电子侦察、软杀伤与硬杀伤、电子对抗与指挥控制等结为一体、协同作用就成为当代战争的必然要求。在海湾战争中，多种电子对抗手段综合运用这一特点得到了集中的体现。特别是反辐射导弹和“隐形”飞机的大量使用，充分体现了高技术条件下电子对抗既是保障手段，又是作战手段的双重功能，成为继火力和机动力之后的“第三打击力量”。

仅以1982年爆发的英阿马岛战争为例，英军在抗击使用现代化的反舰导弹的阿军攻击时就综合采用了三种不同的干扰战术。一是施放伪装干扰，主要用于对付多枚反舰导弹的同时攻击，以降低导弹自动寻的头对军舰的捕捉概率。实施程序是：发现接近的导弹后，用非制导火箭在军舰周围1—2公里的距离上制造4块偶极子反射体干扰云。7秒钟后，再用机械装置投放反射器包。正是采用了这一干扰形式，才使英军的“竞技神”号反潜航空母舰在5月25日遭到阿军两架“超级军旗”式战斗机突击时得到了掩护，避免了被击中的危险。二是施放牵引干扰，同时实施被攻击舰艇的防导弹机动，以便破坏导弹自动寻的头捕捉住目标后的自动跟踪。此种方法主要是在发现导弹过迟，只剩下很少时间组织对导

弹的防御时运用。实施程序是：在距舰约100米的空域制造一块干扰云，使干扰云和军舰同处于敌方导弹主动雷达寻的头的距离波门内，从而使导弹偏离军舰质团的中心，飞向具有较大有效散射面的干扰云，军舰则通过实施防导弹机动而逃逸。6月12日，英舰“格拉摩根”号在向斯坦利港地区的阿军进行炮击时，遭到阿军岸基“飞鱼”式导弹的突击，该舰及时组织进行了这种消极引导式干扰，结果使来袭的4枚导弹中有3枚受到干扰而偏离了军舰，只有1枚导弹飞向军舰。然而这枚导弹的航向由于受到干扰也出现了偏差，未能命中军舰的中央部位，只是击中了尾台，但军舰仍能航行。三是组合使用有源和无源干扰。实施方法是：当舰艇已处于敌方主动式雷达制导自动寻的头的距离波门内时，发射无控火箭弹，在距舰400米的空域设置偶极子反射云体，同时开启舰载的有源电子干扰站，按照把导弹引向假目标的方式工作。结果假目标与真目标形成一个长目标。反舰导弹在长目标的中央附近穿过。这一方法在同单个导弹进行斗争中效果显著。

三是电子对抗战场的“全时域、全空域、全领域和全频域”性，即电子对抗在从战争开始前到战争结束后的全过程展开，从太空到水下的全空间进行，从白天到暗夜的全天候作战，从短波、微波到红外线、激光、可见光的全频谱利用。如在海湾战争爆发前，美国的电子侦察卫星就全时监视伊科地区电磁环境的变化情况，获取了对伊作战所必需的大量电子对抗情报。同时派电子侦察飞机对伊拉克雷达、通信等电磁辐射源进行核实。沙特阿拉伯的飞机还多次进入伊方领空，诱使其雷达开机，以捕获最新的电子情报。战争开始后，卫星、地面侦察站和海空军的空中预警机上的电子侦察系统又及时给担负电子干扰和摧毁任务的飞机提供近乎实时的电子情报支援；由于多国部队使用了多种先进的夜视器材，从而使这场战争冲破了夜暗的制约，加速了战争的进程；这场战争中的电子对抗，范围也异常广大，它与过去以雷达对抗为主的空袭反空袭

斗争相比，对抗的领域已极大地拓展，渗透到指挥、协同、通信、情报、警戒、跟踪、导航、伪装、探测、火控、制导等各个区间。

二、电子对抗技术的发展趋势

一是电子对抗装备向一体化、通用化、多功能和自动化方向发展。一体化是指功能相近，相互关联的数个设备结合成一个系统。这样就可以提高整个系统的信息综合能力和快速反应能力，同时还可以共享资源、简化系统和降低成本。通用化是指系统可以适用于多种平台，并能适应日趋复杂和不断变化的电磁威胁。通过再编程序、模块化和数据总线构成弹性的系统骨架，使之对技术和战术的新发展具有应变能力。多功能是指将侦察、警戒、干扰和摧毁等有机地结合在一起。侦察和警戒部分能自动启动干扰部分工作，干扰部分可释放多种干扰。自动化是指从人工控制转变为电、光、声控制，从直接操纵转变为自动遥控，从简单粗略控制转变为精确制导。

二是电子对抗手段从以软压制为主向软硬杀伤结合的方向发展。未来战争中，使用的兵器种类很多，自动化程度高、信号密度大，纵深性、立体性、快速性、破坏性会进一步增强，在这种情况下，靠单一的软压制或单一的硬杀伤手段都难以奏效，特别是美国“2000 年空地一体战”、“星球大战”及前苏联的“大纵深立体战”、“空间战”计划，其理论都是建立在电子技术基础之上的，那时的武器装备和作战手段更是变幻莫测。在这种复杂的、瞬息万变的环境中作战，要想取得制电磁权，必须将软、硬杀伤手段结合起来使用。这是强化高技术总体作战能力的需要，也是 C^3I 对抗成为高技术战最佳战法的必然。

三是功率管理技术将更加灵活多变。所谓功率管理技术(Power Management)就是根据威胁的性质和程度，对干扰机功率进行正确使用和实施最佳调制的技术。其核心和基础是电子计算机。由于计算机的控制，功率管理系统的接收机可自动截获、处理

和分析威胁信号，排出应优先施加干扰的威胁雷达的顺序。其干扰机则针对最有威胁性的雷达，选用特定的干扰手段或相应的辐射功率，以最佳的干扰调制参数和准确的方向、准确的频率、准确的时间对所有威胁源进行干扰。一部干扰机可对付几十部威胁雷达。而且在实施干扰的过程中，这种系统还能不断地监视受干扰雷达对干扰手段的反应，以鉴定干扰的效果。

第十八章　军事工程技术的新发展

科学技术的发展突飞猛进，新材料、新能源、新工艺和新技术被广泛迅速地用于军事工程建筑和新式工程装备的研制中。各国军队都重视总结第二次世界大战及其以后的历次局部战争中有关军事工程方面的经验，开展了核战争、核威慑条件下常规战争和高技术常规战争中军事工程理论和军事工程技术的研究工作，并取得了较大的进展。

第一节　防护工程技术

防护工程是指能抵抗预定杀伤兵器破坏作用的工程建筑物。和平时期在国土上进行军事工程准备，是一切主权国家的国防战略措施和战备工作的重要组成部分。第二次世界大战以后，许多国家根据不同的防护要求，构筑了永备防护工事和野战防护工事，由此产生和发展了海边防工程技术、地下防护工程技术和三防工程技术。

一、海防、边防工程技术

第二次世界大战结束后，许多国家为了加强国土或占领区的防卫，在海防、边防线上和一些战略要地进行了设防，形成了以坑(地)道为骨干的支撑点式筑垒地域。如中国从50年代初期开始，逐步在海防、边防线上修建和完善了一系列军事工程设施。1969—1971年春，以色列为长期占领埃及的西奈半岛，沿苏伊士运河东岸构筑了巴列夫防线。1978年，越南发动侵柬战争的前后，沿中越边境的全线进行了阵地工程建设，并在1979年中越边境作战

以后不断地加强和完善。其中比较有代表性的是巴列夫防线，它是以以色列军队总参谋长巴列夫的名字命名的。按照巴列夫的设想，构筑防线的目的在于守卫运河东岸，监视运河西岸埃及军队的活动，在埃军强渡运河时，可起到阻滞作用，为以色列机动装甲部队反击争取时间，同时也可作为向运河西岸进攻的桥头堡。整个防线北起福德港以南的沼泽地，南迄苏伊士湾，绵亘 160 公里，纵深约 10 公里，由主阵地和纵深阵地组成。主阵地直接配置在运河东岸的沙堤上，筑有 26 个支撑点。支撑点的间隔以炮兵、坦克的火力能相互支援为原则。每个支撑点以 3—4 个地堡做基础，最完善的地堡(核心堡)深埋于沙堤内，分为 4 层，底层用以储备弹药和给养，第二、三层为生活区，上层设有火器和光学、电子观察器材。其顶部防护层为成层式结构，由钢筋混凝土板、钢板、沙袋和石笼组成，厚度一般为 2—4 米，有的达 10 米，能抗重型炮弹，甚至 454 公斤航空炸弹的直接命中。运河东岸的沙堤，经改造平均高达 20 米，向河斜面倾斜达 45—65 度，堤上设置了多道蛇腹形铁丝网和地雷场，在希扎杨和马兹麦德两个支撑点下面还修建了地下燃油库，设管道喷到运河水面，以形成火障。

为了加强海边防，一些国家还构筑了永备坑道工事。坑道工事断面有直墙拱顶形、马蹄形、圆形、椭圆形等。构筑时可采用爆破、掘进机掘进和人工开挖的方法。根据坑道断面和地质情况，可选用全断面一次开挖法，梯次开挖法和导洞法开挖。永备坑道通常用混凝土等耐久材料加以被覆。根据地下岩石情况，可采用不同的被覆形式。厚拱薄墙被覆是在水平压力较小时采用的方法，它可将拱圈的荷载通过扩大的拱脚传给岩层，使边墙受力减小。直墙拱顶被覆是在有一定水平压力时采用的方法，这种被覆具有受力性能好，净空利用率高和防水性能好等优点。曲墙拱顶被覆是在围岩具有较大垂直压力和水平压力时采用的方法，其特点是受力性能较好。离壁式被覆是在稳定或基本稳定围岩中，要求防

水防潮时采用的方法。装配式被覆是用预制构件在洞内拼装而成的被覆，其特点是施工速度快，工程质量高，但防水性能较差。锚喷被覆是利用围岩的自支承能力喷射混凝土、锚杆或由它们以及钢筋网组合而成的一种被覆方法。复合被覆是在岩石较差而使用要求又较高的情况下，在洞室开挖后分内外两层先后施工形成的被覆方法。

二、地下防护工程技术

第二次世界大战之后，核武器和导弹武器的发展，对军事目标构成了重大威胁。为了在核打击下有效地保存军事实力和军队的通信指挥系统，各国纷纷修筑地下指挥所、地下机窝、地下通信枢纽和地下弹药库等地下防护工程，使地下防护工程的防护层设计与修筑技术、防排水技术获得了较大的发展。

在防护层设计与构筑方面，战后初期只是针对核武器提出了防核弹空中爆炸和地面爆炸的要求。随着精确制导武器的发展和核弹触地爆炸、钻地爆炸的出现，对坑(地)道工事又提出了抗核弹直接命中的要求。从而促使指挥、掩蔽工事向岩层深处发展，重视采用高强度抗震、多功能复合被覆形式，以增强被覆物强度，加强对超高压冲击波、地冲击、核电磁脉冲及燃烧武器防护。如美国北美防空司令部地下指挥工事，其防护层厚达420米，并采用了弹簧支撑悬吊钢质衬套隔震措施。在构筑地下防护工程的实践中，人们对人工防护层、自然防护层、被动遮弹层、主动遮弹层的材料、结构和厚度有了成熟的理解。比如，主要用于伪装、隔热、绿化、抗早期核辐射遮弹的单层式防护层的厚度一般为0.5—2米。用于野战工事的伪装层，通常为30—50厘米。主要为保障绿化时，为0.6—1米。主要用于隔热时，在1米左右。由伪装层、遮弹层、分散层组成的成层式防护层，其伪装层(由自然土构成)不能太厚，因为太厚则工程量大，同时也会增加对炮弹、炸弹爆炸的填塞作用，一般取30—50厘米。遮弹层要保障炮弹、炸弹不能贯穿，由坚硬

材料构成。其厚度与炮弹、炸弹的侵彻深度、装药量和材料性质有关，为保证侵入土中的炮弹、炸弹在距侧墙一定距离爆炸，遮弹层向主体的四周延伸，延伸长度取炮弹、炸弹的爆心距侧墙0.6—0.75个破坏半径。自然防护层既要使地下建筑与地面设施互不影响，又要使地下结构只承受靠近结构的即压力拱以下岩、土的压力，这样才能起到很好的防护作用。

在地下工事的防排水技术方面，出现了以防为主或以排为主的两种成熟设计。其防水技术一般有柔性和刚性两种。柔性防水是使用沥青卷材，即石油沥青或焦油沥青加纤维材料制成的各种油毡。刚性防水是使用混凝土等靠材料自身的密实性来达到防水目的的。在能自流排水的地下建筑中，排水的方法是将围岩裂缝中渗流出来的水导至洞室中或洞室四周的排水沟中，利用洞室和通道的纵坡，靠自流汇集到总排水沟中，然后排出洞外。岩石中地下建筑的防水方案设计与其结构形式有密切的关系。只有合理地选择结构形式，适当地使用防水材料，妥善地进行构造处理，防水问题才能综合地加以解决。目前，排水的措施通常是采用贴壁支护，离壁式衬砌和衬套技术。贴壁支护是利用毛洞的超挖部分设计疏水道，将水集中后排走。离壁式衬砌是利用衬砌与岩壁间的空隙，拱顶部分的水排向两侧拱脚处的沟内。而用衬套技术把洞室的使用部分与围岩或衬砌完全隔开，是目前岩石地下建筑防水防潮比较有效和可靠的方法。此外，在充分考虑洞室内各部分的防水、排水措施时，还必须规划好整个岩石中工程的排水系统，结合轴线的走向、坡向、坡度和各部分水量的大小，使地下水和生产、生活污水有组织地自流汇集到一起，然后排出洞外。

三、三防工程技术

三防，即防化学武器、生物武器、原子武器的袭击，是当代军事斗争中的一个重要课题。对于军事工程来讲，一般都在永备工事和野战工事中考虑到这方面的设施。在设计与构筑三防工程的实

践中，发展了有关的技术。

防护工程的孔口防护。安装于工事出入口和其他孔口的防护门、防护密闭门、密闭门、防护密闭盖板和消毒装置是阻止毒剂、放射性沾染和生物战剂等侵入工事内部的基本防护设备。20世纪50年代，在核武器的威胁下，一些国家构筑的永备工事大多用钢板防护门。60年代，各国相继研制了铸钢、球黑铸铁防护门及防护密闭门；钢筋混凝土防护门、防护密闭门。密闭门由于不承担冲击波的压力，因此，设计时可配置在防护门后的适当位置。其结构形式多为平板式、平板加肋式及圆拱式等，为确保密闭门的气密要求，门扇一般采用单扇式。门扇与门框贴合采用平面接触。在密闭门的闭锁、铰页的设计中必须留有足够的余量，以便调整密闭胶条的压缩量。此外，在施工中还常用防护密闭门，它具有防护和密闭两种功能，常用在较低抗力且有密闭要求的部位。在出入口除要求具有防护、密闭功能外，还应有保证人员进出时毒剂不进出入工事内部的防护措施，即防毒通道。防毒通道由两道密闭门、两密闭门间完全密闭的一段通道及通风换气设备所组成。

防护工事的气密设施是使工事掩蔽室与受染大气隔绝，并能阻止内外空气对流的技术措施。工事气密设施的基础是沿隐蔽空间的边界而构筑成的密闭隔墙。密闭隔墙以内为染毒空气不能进入的安全区，密闭隔墙以外称染毒区。为保障人员进出和安装防化器材的需要，在人员出入口附近增建一段密闭隔墙，使安全区和染毒区之间形成一个允许染毒区。工事气密设施除密闭隔墙外，还包括通过密闭隔墙的进排风管上的密闭阀门、穿墙管线与下水道的密闭措施，以及防护密闭门、密闭门等。通风时，在工事内要求能形成50—100帕的超压。能造成的超压值越大，工事的密闭性越好。

滤毒通风装置是将外界受染空气净化后送入密闭工事的集体防护器材。它能滤除通风气流中的毒剂、放射性尘埃、生物战剂

等，保障隐蔽人员呼吸所需的洁净空气，并可在隐蔽空间形成超压，阻止外界受染空气透入。滤毒通风装置出现于第一次世界大战期间，当时以粘土、碱石灰、棉纤维及其他化学吸收剂为过滤材料。第二次世界大战期间，一些国家的军队装备了与现代技术水平相近的炭纸结构的滤毒通风装置。滤毒通风装置分为永备工事用、野战工事用及各种车辆、舰船、飞机专用等各种类型。永备工事滤毒通风装置，可根据工事要求进行专门设计和安装。它通常由过滤吸收器、预滤器、油网滤尘器、离心式通风机、密闭阀门、通风管道及空气流量计、压差监测控制设备等组成。

第二节　野战军事工程技术

野战军事工程技术是指战时或平时为保障军队的机动、限制敌方的行动和保存有生力量而采取的工程保障措施。20 世纪 50 年代以来，世界各国都紧紧围绕机动、反机动和防护技术展开了研究，逐步形成了快速、机动、灵活等一系列野战工程保障技术措施。

一、新式布雷和探雷技术

第二次世界大战后，由于军队在战场上机动性的不断提高，费时、费工的人工布雷已不能完全满足作战的要求。各国军队都在寻求能快速机动布雷的器材。1957 年，美军装备了拖式布雷车。它由其它战斗车辆牵引，布雷时把地雷放入雷槽，地雷按一定时间、间隔滑入由犁刀开出的犁沟中，并由犁刀将土覆盖到地雷上进行伪装。20 世纪 60 年代到 70 年代，苏军的 ПМР－2、ПМР－60、ПМР－3、ПМР－4；美军的 XM57；英军的 MK－3、“突击队员”；法军的 ARE；瑞典的 FFV028；中国的 73 式拖式布雷车等相继研制成功。60 年代初，苏军研制成功了 ГМ3 装甲自动布雷车，使供雷、输雷、控制雷距、解脱保险、挖沟埋雷等布雷过程全部实现了机

械化作业，从而大大地提高了布雷的速度。飞机布设防步兵地雷是50年代初期，由美军在朝鲜战场上实现。60年代，美军在越南战场先后用飞机布设过布袋雷、蝙蝠雷和绊发雷。70年代初，联邦德国首先研制成功了AT－Ⅰ、AT－Ⅱ型可撒布防坦克地雷，使飞机、火炮和火箭布撒地雷的发展进入了一个新阶段。直升机布雷的方法通常是采用滑槽布雷和用布雷器布雷。滑槽布雷是在机舱上安装一个滑槽，当飞机离地面3—4米时，地雷沿滑槽滑落地面。布雷器布雷是一种撒布地雷的方法，可直接在飞机上通过布雷器将雷抛出，或投掷布雷器由布雷器布雷。如美军的M－56布雷系统布雷时，布雷器是借助于由电起爆的抛射药的推力，将地雷从雷筒中抛出，然后地雷展开4片雷翼，保证了地雷下降过程中的定位和圆弧面着地。1970年秋，西德开始用36管轻型火箭炮布设防坦克地雷后不久，各国军队都相继发展了火箭、火炮撒布的布雷系统。如美国的SLUMINE30管火箭布雷车，西德的MSM/W15管火箭布雷车和MSM/W8管火箭布雷车，法国的“哈法拉”18管火箭布雷车，中国的GBL112型火箭布雷车，西德、英国、意大利联合研制的RS80型6管火箭布雷车，以及美国的XM198型155毫米自行榴弹炮，西德的115毫米自行火炮等火箭、火炮布雷系统。在火箭、火炮布设中远程地雷的同时，一些近程的抛布地雷器材也得到了发展。1980年美国的GEMSS地面撒布地雷系统，1986年德国的MSM－FZ抛撒布雷车，1987年法国的EBG装甲工程车抛撒布雷系统与器材也相继研制成功。1985年，中国首先研制成功了便携式单兵布雷器，以后美国的MOPMS背囊式布雷系统，意大利的SB－33便携式地雷发射器也相继研制成功，布雷距离可达数十米到数百米，实现了战时快速机动布雷。目前，飞机布雷，火箭、火炮布雷，机械布雷和便携式布雷器材已形成了远、中、近快速布雷体系。火箭、火炮布雷正向提高布撒的密集度和撒布的均匀度方面发展。

在发展布雷技术的同时,探雷排雷技术也得到了发展。第二次世界大战期间,主要参战国已装备了电子管探雷器,这种探雷器的灵敏度虽然不高,但因当时的地雷大多是铁壳或者引信雷管部分有较多的金属,因而发挥了较好的探测作用。第二次世界大战后,地雷构件大量使用塑料等非金属材料,这一变化导致了电子探雷器材的发展。各国相继研制了一些新型的探雷器材和其它寻求地雷的方法。为提高电子探雷器材的灵敏度,60年代起,逐步用晶体管代替电子管。到70年代,集成电路已用于电子探雷器的制作。在探测方法上,50年代中期开始,美国、苏联、英国、西德、中国等发展了磁感应式探雷器。它是利用金属在交变磁场中产生的涡电流的原理来探测金属地雷。然而,用这种方法探雷的主要缺点是易受战场上弹片的干扰,对不含金属的地雷很难发现,对含金属很少的地雷也难以探出。80年代,英国针对这种器材的弱点,采用了低频脉冲感应的方法,研制了P6/2和MD2000型探雷器,抗干扰性能有了明显的提高。60年代中期开始,美国和西德利用探测铁磁物体的染磁磁场梯度的原理,研制了CB-1A和4.021型探雷器,探测金属地雷的灵敏度进一步得到提高。70年代后期,美国在对金属地雷探测研制中,还重点研制了AN/PRS7型金属再辐射雷达探雷器。它是利用探测装置向外发射高频无线电波,当这些波碰到地面等自然景物时,以相同的频率反射回来,被探测装置拒收,而当这些波碰到地雷金属件接点或半导体接点时(引信中的电子元件),会辐射出3次谐波,被探测器接收机接收,并显示出来,从而发现地雷。70年代中后期,英国、法国等在发展探测金属地雷的同时,也研制了探测非金属探雷器材。如英国研制的SA探雷系列,西德的70型炸药探测器等。它们是利用地雷中的炸药会不断地有微量气体扩散在空气中的这一特点,用很小的吸气泵不断吸入空气,通过炸药中硝基离子膜与氩离子结合,产生信号电流的原理来发现地雷。80年代,美国在AN/PRS7探雷

器的基础上又改进研制了AN/PRS11和AN/PRS12型探雷器。它是利用发射天线向地雷发射微波，利用微波在两种介电常数不同的物质界面上产生反射这一特性，来判明是否有地雷。这种探雷器不受地雷内是否有金属材料的影响，既能探测有金属零部件的地雷，又能探测没有金属零部件的地雷，探测的灵敏度很高。然而土壤中各种夹杂物、土块、空腔及土壤本身密度的变化等均能引起它报警，故虚警率较高。为减少虚警，美国的AN/PRS8型微波探雷器首次采用了16位微处理器进行数据处理，提高了信号处理能力。第二次世界大战后，在便携式探雷器发展的同时，车载、机载式探雷器也得到了较快的发展。车载式探雷器材的工作原理，主要是利用微波介质、磁梯度和磁感应的原理来发现地雷。70年代初，美国曾研制一种AV/VRS2道路探雷器的无线电遥控技术，在300米距离内，由人员摇控操作汽车的行驶，进行探雷作业。80年代中，美军为了降低微波介质探雷时的虚警，在采用微波介质探测原理的车载式探雷器上，装上了16位微处理器。70年代中期，美国开始试用红外线技术装在汽车上来探测地雷。70年代后期，美国、苏联将金属再辐射雷达装在飞机上进行探测地雷。

二、综合伪装技术

20世纪60年代以来，现代军事侦察能力大大增强，可以在紫外、可见光、近红外、中远红外、微波和声波等各种波段使用各种探测器材，对各种目标实施全天候、全天时、大纵深的实时侦察，并逐渐发展高立体的复合侦察体制，多种手段互相结合，重叠运用，互相补充，给军事伪装提出了很高的要求。60年代以来，相继出现了防可见光和近红外伪装涂料、塑料片状伪装网和多色伪装服。1960年，德国用三聚氰胺树脂研制的ARL－6014伪装涂料；1973年，美军用乙酸丁酸纤维素研制的MIL－D－5550B伪装涂料；1974年用醇酸材料研制的MIL－E－52798伪装涂料和瑞典C6－305、P5－335、P5－540、P5－318等伪装涂料对紫外、可见光和

近红外侦察有着明显的效果。70 年代以来,热红外伪装涂料、材料及遮障的研究取得了显著成绩。1970 年,西德研制的多光谱伪装遮障,是用泡沫橡胶或泡沫塑料构成绝热层。层上开有供液体通过的通孔,在绝热层的外侧敷有透水材料,以构成表面漫反射层,在绝热层的内侧敷有金属薄膜,在绝热层内可加入衰减或阻止雷达波反射的纤维、碳粒子等。因而使遮障不仅可用于高温目标的热红外伪装,还可以用于防雷达伪装。1970 年,法国研制成功了"隔热涂层"。在环境温度为 40 摄氏度时,能使坦克内的温度降低 6—8 摄氏度。1970 年,美国研制成功了 MIL－E－46081A 隔热涂料。该涂料用高熔点的泡沫塑料在目标上均匀涂沫后,可产生一个相对背景来说是均匀的"冷"目标。1979 年,西德还研制成功了"奥古斯热红外伪装网"。该网内装有电阻膜,具有对付毫米波和厘米波雷达的性能,在可见光和近红外波段,具有良好的伪装效果。进入 80 年代,防激光、防热红外和防毫米波探测的多谱伪装涂料和材料有了进一步的发展。1984 年,美军研制的"多波段伪装网",是由特制的基础网络和着色装饰物或装饰片组成,在基础网络上涂有导电层和多孔泡沫塑料外层。导电层用于反雷达探测,多孔泡沫塑料外层用于反热红外探测。而基础网络的特殊结构类似于散热器,热源的辐射通过散热后,其清晰而明显的外形轮廓会扩展成面积较大,具有低亮度比的不明显外形轮廓。在装饰物上涂有导电层和含悬浮金属颜料的涂料,并以不规则的方式固定在网络上。1986 年,瑞典研制成功了"巴拉居达热伪装遮障",它由热伪装网和隔热层两部分组成,具有防可见光、近红外和热红外的伪装效果,代表着 80 年代热红外伪装遮障的水平。热伪装网中含有一层中间金属层,其上分布有不同发射特性的聚合物涂层,使伪装网上各部位的发射特性不同,能使常温目标的热特征与自然环境相融合。在隔热层中含有一层金属薄膜,使隔热层具有一个低发射率表面,同时,在隔热层上设计了能使热空气从目标上消

散的眼睑式冲孔，从而降低了隔热层的温度。

在遮障与融合技术发展的同时，武器装备的隐形技术也得到了发展。从 50 年代开始，各国科学家们就已经开始探索和研究能降低武器系统的雷达、红外、光学、声学等特征信号的研究工作。飞机隐形技术的历史可追溯到 50 年代中期，美国在 U－2 型高空侦察机和 PLV－7 型低空侦察机上，就已采用了吸波涂层以减弱电磁波反射。60 年代，美国又在 SR－71 型"黑鸟"侦察机上使用更先进的隐形吸波材料，使其有更好的反雷达探测性能。在 60—70 年代的几场局部战争中，由于地对空导弹和制导雷达的发展，飞机被击落的数量增加，从而迫使和促进了飞机隐形技术的发展。1982 年，美军研制成功了 F－117A 型侦察战斗机，该机的隐形技术主要有：奇特的外形，采用后掠机翼和 V 型尾翼，机身为多角多面锥体，外表几乎全由许多小平面拼合而成，以抑制和散射雷达波束；全体下部没有突出部和外挂物，导弹、炸弹等武器全在机身或机翼内，取消了发射强大功率的微波雷达；发动机进气口和排气口都装有吸波挡板装置；大量地使用了复合材料、有效地缩小了雷达反射截面；大量使用各种吸波材料，有的还涂以红外隐形涂层；采用了其他为减弱热、声、光、烟等信号的隐形技术，特别是该机几乎不装任何有源的传感器，达到了降低电磁波辐射的隐形目的。F－117A 型侦察战斗机的隐形技术，引起了世界各国的注意，同时，它也为进一步研制新型隐形飞机打下了技术基础。1989 年，美国研制的 B－2 隐形轰炸机，标志着隐形技术在军事装备上的应用进入了一个新的阶段。该机的隐形技术主要表现在：采用翼身融为一体技术，消除了绝大部分的边缘、棱角和突出部位；4 台发动机埋在机身内部，进气管道为埋入式蛇形管道，排气管道与冷气管道混合，降低了排气温度；使用了对电磁波反射率很低的复合材料，大部分机体结构采用钛和环氧树脂——石墨复合材料；其外表涂有深灰色的铁氧体吸波涂料，对雷达、红外和可见光均具有隐形

能力。此外，美国的 HU－60 直升机、R－4D 无人机；苏联的米格－29、米格－31、苏－27 歼击机，“海盗旗”战略轰炸机，安－124 运输机；日本的 TV 无人侦察机和英、德、意联合研制的 EFA 战斗机等，都是综合运用各种隐形技术的飞机。在研制隐形飞机的同时，飞机的各种隐形技术大多也用来研制隐形导弹、舰船、坦克和战车等各种武器。

三、机械化舟桥技术

第二次世界大战以后，出现了自行舟桥。1950 年，法国陆军让·季洛瓦将军设计、研制的“季洛瓦”自行舟桥器材，是将桥脚舟、上部结构、水上推进装置和陆上运载车辆等结合在一起，制作成了一种专用的两栖车辆——桥车。季洛瓦自行舟桥由河中桥车和跳板车组成。河中桥车包括基础车、桥节上部结构、辅助浮体及辅助器材，跳板车包括基础车和跳板等部分。桥车可在岸高不超过 1 米的任何地点泛水，在岸高不超过 3 米的地方上岸，在架设浮桥时，具有省时、省力、作业手少和机械化程度高的特点。1968 年，德国研制成功了 M2 自行舟桥器材。其改进型装备到英国、新加坡等国家。在桥车侧面的前部、中央和后部安装了由发动机充气的气囊，以增加浮力。1970 年，美国陆军工程兵研究发展所研制了 MAB 自行舟桥。车体材料为全铝板结构，焊接或铆接在一起。车上有高压和低压两个液压系统。高压系统主要用于上部结构和推进装置的旋转、升降、定位和绞盘的运转。低压系统主要用于桥车的转向、制动和轮胎充气提供动力。车上还装有两个绞盘、锚、舱底泵等。河中桥上部结构由焊接纵桁及冲压的铝质桥面组成。桥车呈运输状态时，桥节上部结构平行置于车上，桥车呈工作状态时，通过液压机构将上部结构旋转 90 度。岸边桥节上部结构由铝质纵桁和桥面组成。1989 年，德国和英国联合研制了 M3 自行舟桥器材。它与 M2 相比，采用了带计算机的单手柄控制系统和两台一线布置的泵式喷水推进器，主浮体和可翻转的侧面浮体由铝

合金制成,整个过程中不需调头行驶,桥车泛水时无需准备,可在泛水后再翻转侧面浮体,因而提高了水上机动性、操纵性、浅水适应性。70年代,日本也研制了70式自行舟桥器材。桥车车身由铝、锌、镁三元合金制造。桥车泛水后,将折叠在车身两侧的浮体展开,用车上起吊装置把车辙板安装好。再把桥车连接起来组成浮桥。自行舟桥虽然具有机动性好、准备和架设作业简便,便于疏散、隐蔽和实施多点渡河的优点,但自身结构复杂,维修难度大,造价高,所以它的发展受到了一定的限制。

20世纪60年代以后,出现了带式舟桥。带式舟桥是桥脚舟和上部结构为一体的新型舟桥器材。1964年,苏联首先研制成功了ПМП带式舟桥器材。它的研制成功,是浮桥设计上的一项重大突破。在1973年中东战争中,该器材对保障埃及军队强渡苏伊士运河发挥了关键性作用,从而引起各国的重视。一套ПМП器材由32个河中舟、4个岸边舟、36辆舟车、12艘汽艇以及路面辅助器材组成。136人在30分钟可架设60吨级227米长的舟桥。1976年,美国仿照苏联的ПМП带式舟桥研制成功了带式舟桥。所不同的是,舟体改为铝质,舟体泛水后靠专用的传动装置将舟拉开,而不是靠扭力杆将舟弹开。该种器材除装备美军外,比利时、巴基斯坦等国也相继采用。1978年,德国吸收了美、苏带式舟桥的优点,研制出了较为先进FSB－70型带式舟桥。改进之处是,岸边舟采用了液压升降装置,跳板采用绞盘操纵,桥面车行道敷有防滑层和采用特制的汽艇顶推架。1979年,中国也仿造苏联的ПМП带式舟桥研制生产了79式带式舟桥。1981年,苏联研制了另一种新型舟桥器材,即ПММ自行带式舟桥。带式舟桥和自行舟桥由于各具特点而成为当代并驾齐驱的两种重要舟桥器材。

四、新式爆破技术

微差爆破是以毫秒级的时间间隔和按一定顺序起爆装药的爆破。微差爆破技术最早出现于20世纪30年代。40年代中期,一

些国家已普遍采用这一技术。50 年代中期,中国开始试验微差爆破,60 年代被广泛应用于爆破工程。微差爆破与齐发的装药爆破相比,它可以降低有害的地震作用,大大地改善爆破效果,爆下的岩石块度均匀,大块率降低,爆堆比较集中,炸药消耗量小,可降低爆炸空气冲击波和减少碎石飞散等优点。这是因为先起爆的装药在岩体内造成了一个应力场,在应力场还来不及消失之前,后面装药随之起爆,使岩体内产生的应力场相互叠加作用使岩体破碎,而先后起爆的时间很短,所以抛移的岩块会相互碰撞,发生再次破碎,其先后形成的应力波的相互干扰,从而它又减少了地震效应。微差爆破的效果,除了受装药配置的影响外,主要取决于间隔时间和起爆顺序。微差爆破的间隔时间一般控制在 20—150 毫秒之间。起爆顺序有单排孔采用孔间微差起爆;多排孔采用排间顺序微差起爆。多排孔起爆可按爆破要求进行奇偶式、波浪式、楔式、同心圆式、组合式等进行微差起爆。

光面爆破是按设计轮廓线爆落预留岩层,使围岩或边坡表面保持平整的爆破。它在 20 世纪 70 年代开始应用。许多国家将光面爆破与锚喷被覆相结合,用于地下工程的施工。其方法是,沿工程的最终开挖面布置加密的药孔,在这些孔内装入药卷直径比孔径小的少量装药或部分孔内不装装药,爆破后沿这些孔的中心连线破裂出平整的光面。由于药径比孔径小,装药爆炸产生的压力经空气间隙的缓冲而显著降低,所以孔壁上不会产生粉碎区,而只沿光面孔的连线方向形成少数裂隙,并且只在需要崩落一侧的岩石中产生破碎作用,当孔与孔间的裂隙贯通后,便形成平整的光面。光面爆破的效果,主要取决于是否合理布置药孔、采用适当装药和起爆顺序、控制好间隔起爆时间等。为了促使药孔连接平整地相互贯通,有的国家还使用新式钻头钻孔,使钻出的药孔带有两个尖端朝向药孔连线的 V 形槽。有的国家还制成了专用于光面爆破的有 V 形槽的线形聚能装药。

预裂爆破是在光面爆破的基础上发展起来的一种控制爆破技术。从20世纪70年代起，中国已在军事工程的露天开挖中广泛使用预裂爆破，用于保护工程的边坡、修建码头等。其方法是，沿着开挖工程的设计边线，按适当的间隔配置一列预裂药孔，先沿预裂药孔爆开一条1—2厘米宽的贯通裂缝，以分离开挖区与保留区的岩体，尔后对开挖区实施爆破，此时，爆炸应力波在裂缝面产生反射，减弱了透过裂缝面的应力波强度，对保留区起到了减震、保护作用。预裂爆破的效果取决于能否根据岩石性质正确选定孔距、装药密度和不耦合系数，以及能否严格控制预裂孔的偏斜率与深度。

五、装配式工事技术

装配式工事是支撑结构用预制构件组装成的可多次装拆使用的筑城工事。主要有竹木构件工事、钢筋混凝土构件工事、钢丝网水泥工事、型钢工事、波纹钢工事、骨架柔性被覆工事、玻璃钢工事及橡胶(或塑料膜、纤维织物)充气工事和集装箱式工事。竹木构件装置式工事在古代就已经出现。20世纪初，德国、法国和比利时开始使用混凝土构件工事。第二次世界大战前夕，中国已用型钢制作装配式工事；德国已使用能多次装拆的波纹钢工事。第二次世界大战中，装配式工事得到了较快的发展。第二次世界大战后，随着军队机械化程度的提高和新型建筑材料的出现，装配式工事更显示了强大的生命力，受到了世界各国军队的普遍重视。60年代以来，世界各地发生的局部战争和边境冲突中，使用了许多装配式工事。60年代初，中国研制成功了第一代波纹钢工事，经过不断改进，逐渐形成了系列。60年代末，中国针对装配式钢筋混凝土工事构件重，不便于在野战筑城中使用的弱点，并根据国土的地理环境，研制出装配式钢丝网水泥工事。其构件均为薄壁结构，具有自重轻、强度高、防水性能好等特点，可用于水网、滩头等高水位地区。60年代初，英国军队开始用钢骨架和帆布构筑工事。70

年代初，中国开始研制装配式骨架柔性被覆工事，并逐步形成系列。这种工事自重轻，便于运输，抗爆炸荷载作用性能好。70 年代以来，在野战筑城中已广泛采用各种增强塑料（如玻璃钢等）工事和现地发泡成型工事。60 年代开始，美国、英国为适应现代战争的突发性和高速机动的要求，克服复杂多变的战场情况和自然环境对作战的不利影响，开始研制集装箱式工事，70 年代以后，许多国家军队广泛采用了集装箱式工事。80 年代，中国开始研制集装箱式和充气式掩蔽工事。

第三节　军事工程机械技术的发展

军用工程机械是军队装备的用以遂行工程保障任务的工程机械。是工程装备的重要组成部分。军用工程机械一般由基础车和作业装置两部分构成。基础车一般选用现有的车辆底盘，也有采用专用底盘。作业装置直接实施工程作业，决定着机械的用途，其形式多种多样，动力一般从基础车获取，广泛采用液压或电液操纵控制系统。军用工程机械通常分为野战工程机械、建筑机械和保障机械三大类。

一、野战工程机械

战斗工程车是伴随坦克、装甲车辆行动，在敌火下开辟通路，抢修道路，构筑掩体，构筑岸边进出路，平整河底，以及实施爆破作业，布撒地雷，起重和救援其他车辆的野战工程机械。1943 年，英国的“邱吉尔”工兵装甲车首先问世，当时主要用来帮助坦克克服防坦克壕等障碍物。第二次世界大战后，战斗工程车发展较快。60 年代初，英国研制了 FV4003 战斗工程车，用于取代邱吉尔战斗工程车，该车将推土铲刀转换成扫雷犁刀，并牵引携带大腹蛇扫雷装置的拖车。1968 年，美军装备了 M728 战斗工程车，该车设

置了A型起重架，采用液压推土铲刀技术。1978年，英国研制了FV180战斗工程车，该车采用的铲斗既可用来铲推土，也可用于装载。车上还设计了专用的火箭地锚用于帮助车辆自身出水上岸。80年代以来，新研制的装甲工程车普遍提高了克服地雷障碍物的能力。如1985年美军试验成功的COV障碍清除车，前面装有推土和扫雷联合式铰结铲刀，车上面有两个伸缩臂，可装上多种作业装置，能完成清除战场上的各种人工障碍物和天然障碍物，可在800米外摇控操作，用于清除未爆弹药等危险物品。1987年，苏联对ИМР障碍清除车进行了改进，研制了ИМ-2障碍清除车，作业装置除了液压操纵的组合开路铲刀和伸缩动臂与ИМР大体一样外，车前新增加了车辙扫雷犁，行驶状态时也是将铲刀升举在车前履带上方。这样就扩大了障碍清除车的功能，除能排除非爆炸性障碍之外，也可在放置的和埋设的雷场中开辟道路。

开路机是装有组合式铲刀，用于快速构筑急造军路的野战工程机械，亦称军用推土机。其作业装置通常包括组合式铲刀、推架和切土深度限制器。1944年，苏军首先研制成功了БАТ开路机。作业装置是组合铲刀、中央铲刀与推架为一体，两侧铰接侧铲刀，整个铲刀可呈正铲(推土)，双斜(开路)和单斜(平整)三种作业状态。铲刀前后可装滑盘，用以限制铲刀入土深度，推架后端连接在倾斜机构上，可使铲刀左右倾斜。60年代后，苏军在БАТ开路机的基础上，又改进为БАТ-М型开路机，作业装置可翻转置于车体后部，增加了起重装置，采用了电液操纵控制系统。70年代，苏军在БАТ履带开路机之后又研制成功了ПКТ轮胎式开路机。80年代，苏军又研制了БАТ-2开路机，它的作业装置已重新设计，采用了主、副推架结构，改进了起重装置，增加了松土装置，增强了在硬土和冻土上的作业能力。1975年，日本研制装备了75式快速推土机。其铲刀为中间铰接式，可呈正铲、前双斜、后双斜、单斜四种作业状态。中国从20世纪60年代开始研制履带式开路

机，几经改进，在 80 年代初定型并装备部队。

挖壕、挖坑机是用于挖掘堑壕、交通壕、工事平底坑、技术装备的掩体和掩蔽所、防坦克壕的野战工程机械。挖壕机在作业时，挖土、排土和行进同时进行。能一次成型地开挖出全断面的堑壕或交通壕。其作业装置通常有转轮式、链式和铣切式。1956 年，苏军研制了 БТМ 履带式挖壕机，作业装置为转轮式，斗轮挖土，叶片抛土器抛土，两侧装有刮坡刀。后经多次改进，发展出采用了链斗式作业装置的 БТМ－3 型、БТМ－ТМГ 型、БТМ－ТМГ－2 型挖壕机。70 年代，法国研制成 F1 轻型空运挖壕机，能够伴随军队车队快速行动，空运时机械可分解成车体和作业装置两部分，并可以实施远距离操纵挖壕作业。1970 年，法国还装备了一种 MDX 型挖壕机，其挖斗是钢铸的，底可以活动，并设计了一个倒土装置，能自动地将挖斗内的土倒空，抛土方式可左右选择，适应在各种土壤条件下作业。1982 年，英国研制成 MK－Ⅲ轻型机动挖壕机。挖坑机的作业装置有横向铣切式、纵向铣切式、链式和铲抛式，其作业方法是利用切削装置切削土，并将土送入轮式抛土器或输送给卸土机抛出坑外。有的则是利用液压装置将桶形挖土锹垂直压入土中，再将锹提起将土卸于坑外。60 年代，苏军研制成 МДК－2 履带式挖坑机，它是采用端面铣削切土、叶轮抛土器抛土，逐层多次开挖的作业方式。以后，经多次改进铣刀装置，形成了 МДК－2М 型、МДК－3 型挖坑机。已装备瑞士军队的 MI－DIG34 挖坑机是一种用于挖掘单人掩体的小型轮式挖坑机。它是通过液压缸操纵挖土锹，垂直挖掘土壤，一次即可挖掘圆柱形单人掩体。在 60 年代末，苏军在发展挖坑机的同时，又研制成功了既能挖壕又能挖坑的 ПЗМ 轮式挖壕机。作业装置为链斗式挖土，叶轮抛土器抛土，并可左右摆动。1976 年，在 ПЗМ 轮式挖壕机上进行了改进，形成了 ПЗМ－2 挖壕机。它采用链齿挖掘装置，提高了链速，增大了抛土器直径，增加了作业装置左右摆动的角度，加装了液压

驱动绞盘，可在冻土作业时提供辅助牵引力。

二、军事建筑机械

挖掘机是在基础车上装有一个铲头，用循环作业方式开挖土方的建筑机械。挖斗可装成正铲和反铲，作业装置通常包括动臂、斗杆、铲头及其相应的油缸等。60年代，苏军将Э－302轮胎挖掘机的作业装置，安装在KPA3－214越野汽车上，更名为Э－305，成为一种军用单斗挖掘机。后改进了作业装置，形成了Э－305系列。70年代开始，苏军用ЭOB－4421军用单斗挖掘机取代Э－305系列的单斗挖掘机。该机采用带独立动力的全回转反铲作业装置，液压驱动。1975年，联邦德国装备了UNIMOG汽车挖掘机，车尾部装HT11A型反铲挖斗，车前部装有铲刀，用于扫雷或清除障碍。1983年，法国装备了波克兰公司研制生产的75系列挖掘机，主要有75C、75CL、75CKB、75P和75PB等5种型号。其技术特点是操作方便，增加了液压缸尺寸，配置新式重型平衡重，提高其底盘稳定性，驾驶室操作舒适、安全可能。1985年，美军装备了690C挖掘机，该机可装配各种装置，包括挖斗、液压锤、侧边切削装置等。装在液压锤上的夯实板和装在底盘前端的铲刀，还可使用松土器。现在在该机基础上又研制出一种摇控挖掘机，可在1600米距离上遥控挖掘和搬运未爆炸弹药和危险废物。1978年，美军还研制了一种便于战场维修的轻便多用途的SEE小型阵地挖掘机，该机的作业装置为反铲挖斗和前置的推土铲刀或装载铲斗。随机配有破碎器、土钻、扫雷装置，还有两个供操作重型工具用的液压系统。1987年，瑞士研制了一种步行式挖掘机。作业时，伸出4个支腿支承挖掘机在徒坡（45度）或难以通行的地带可以实施挖掘作业，反铲挖斗还可更换成液压锤破碎岩石。

筑路机械是指在不与敌人直接接触情况下构筑和维护军用道路所使用的各种机械的统称。主要有推土机、铲运机、装载机、平路机、压路机等。推土机是在基础车前装有铲刀的一种短距离

(100米内)铲土运土的筑路机械。50年代末和60年代,德国、美国均研制或选用民用装备了大多是履带式推土机。80年代,德国装备的ZD－3000型轮胎式推土机,由于行驶速度快,机动灵活,便于伴随部队机动等特点,取代了一批低速履带式推土机。美国、法国等国家也装备了轮式推土机。铲运机是前后轮轴之间装有铲运斗,能在行进中按顺序进行铲削、装载、运输和铺卸土壤的筑路机械。1963年,美国装备了58SH－G拖式铲运机,随后又研制了621、627自行式铲运机。1976年和1978年,英国研制装备了TS－14B和TS－8自行式铲运机。铲运机的装载机构有标准式、链板式和螺旋式三种。标准式是采用开闭斗门形式,是在行进中靠牵引力把刀片切削下来的土壤从斗门与刀片间的缝隙中挤入铲斗。60年代中期出现了采用链板式铲运机,80年代出现了螺旋装载机构,即在铲运斗中垂直安装一个螺旋装料器,从而缩短了铲装时间和距离。装载机是在基础车前装有铲斗能装卸物料的筑路机械。1964年,英国开始装备JCB系列挖掘装载机。美国也装备了480D、580K、680H、780B等挖掘装载机。平路机是在机架下部装有能回旋、倾斜、侧伸的刮刀,具有铲土、移土、挖边沟、刮侧坡等功能的筑路机械,又称平地机。较先进的平路机采用了全轮驱动和全轮转向方式及铰接式车架,同时在前部装有推土板,后面装有松土器,并能利用激光仪控制工作平面。压路机是利用滚轮或轮胎,依靠自重或振动效应对路基和路面进行碾压的筑路机械。压路机分静力压实和振动压实。静力压实是依靠机械本身的重量所产生的静压力将土壤压实。振动压实是利用机械的高频率振动,在动荷载作用下,使土壤颗粒产生相互位移,互相楔紧,增大其密实度。

坑道施工机械是用于坑道掘进、被覆的各种机械的统称,通常包括坑道掘进机械、被覆机械和辅助加工机械。掘进机械用于开挖坑道毛洞,主要有凿岩机、凿岩台车、空压机、装岩机、通风机、联合掘进机等。凿岩机是岩石穿孔机械,工作时在动力作用下,气缸

体内的冲击锤作往复运动，向前时打击机头的钎杆，回行时带动钎杆回转一个角度，如此往复，即在岩石中凿出孔眼。凿岩台车是将几部凿石机安装在同一个台架上，可同时钻凿多个炮眼的机械设备。空压机可产生压缩空气，为气动工具的动力源。联合掘进机是连续掘进岩石层，实现全断面一次成洞的大型联合专用机械。工作时，电动机驱动各个传动机构，使工作机构的滚刀盘旋转，并由液压油缸将滚刀盘压向工作面岩壁，在轴向推力作用下，所有滚刀抵紧岩壁并不断滚动，刀锋将岩石挤压破碎，整个工作面岩壁被刻划出同心圆沟槽和岩圈，与此同时，滚刀两侧的楔面挤紧沟槽，所产生的侧向力使岩圈剪切碎裂，落下的石渣由几个连续旋转的装渣铲斗轮流铲起，卸入带式转载机的受料槽，再转载到轨道矿车，运出洞外。被覆机械是用于坑道毛洞的被覆作业，包括钢模台车、混凝土浇注机、混凝土喷射机、混凝土振捣器等。辅助加工机械是用于加工混凝土等被覆材料。通常包括碎石机、搅拌机以及钢筋、木材加工机等。

军事工程机械，除了野战工程机械和建筑工程机械在战后有巨大发展以外，军事保障机械也有了很大的发展，出现了移动式电站以及各种修理工程车等等。总之，为了适应现代化战争工程保障的需要，军用工程机械的发展受到各国普遍重视。军用工程机械总的发展趋势是进一步提高机动性能和高效率作业性能，向着多用途、自动化、智能化、模块化、系列化和便于陆空机动的方向发展。

第十九章　当代的军事后勤保障技术

后勤保障对于战争的胜负有着重要的影响。在现代战争中，特别是在高技术战争中，军事后勤保障的作用更加突出。第二次世界大战以后，为了适应战争的需要，军事后勤技术在各个方面都有了迅速的发展，并在后勤指挥上广泛地应用了信息处理技术和指挥自动化技术。

第一节　战后军事后勤保障技术的新发展

在现代战争中，物资保障的内容与结构发生了显著变化，物资的消耗数量和速度日趋增大，军事补给需要与可能的矛盾十分突出，战场救护和战伤治愈越来越难，军事装备的技术含量越来越高。为了适应这种情况，第二次世界大战以后的军事物资保障技术、军事交通运输技术、军事医疗卫生技术和军事技术保障技术都得到了发展。

一、物资保障技术的发展

第二次世界大战以后，军事物资保障面临的一大问题是物资的消耗数量和速度增大，单位时间内物资保障负荷剧增。现代战争是一种高消耗的战争，各种作战物资（包括武器、弹药、电能、油料、工程材料等等）和军需物资（包括食品、被装、帐蓬等等）的消耗十分惊人。第四次中东战争共消耗 108 亿美元，平均每天消耗 6 亿美元。在海湾战争中，仅美军消耗的各种物资就达三千多万吨，计 611 亿美元，约为苏军在 4 年卫国战争中物资消耗的 50%。现代战争又是一种突发速决的战争。由于以战争的突然性取得战场

上的有利地位成为世界各国军队普遍采用的作战原则，从平时状态转入战时状态的时间十分短暂。1982 年发生的英国军队与阿根廷军队的马岛（马尔维纳斯群岛）之战便是一例。4 月 2 日，阿军 4000 人突然在马岛登陆，迫使守岛的英军投降。4 月 3 日，阿军又占领了南乔治亚岛。此时，英国迅速作出反应，就在阿军出兵的第三天即 4 月 5 日就组成了特混舰队，开赴南太平洋。随后又调用了军用舰船和紧急征用民用船只，将各种军用物资运往战场。期间，由平时转为战时仅仅只有几天时间。另外，现代战争的进程在缩短，一次战役甚至整个战争多则几个月，少则几十天，甚至几天时间就结束了。第三次中东战争只进行了 6 天时间，被称为“六日战争”。即便是由几十个国家卷入的规模较大的海湾战争，实际作战也只进行了 40 多天。战争的时间虽然短暂，但军用物资的消耗却十分巨大，单位时间内后勤保障的负荷显著加重，后勤保障强度急剧增大。

根据现代战争的这一情况，50 年代以来各国军队纷纷建立了统分结合的物资保障体制，建立了各类先进的军用物资补给中心。1961 年，美军成立了国防供应局（1971 年 1 月改为国防后勤局），下设 6 个补给中心（人员保障补给中心，燃料补给中心，工程器材补给中心，电子器材补给中心，工业品补给中心，一般物资补给中心），6 个国防仓库，1 个国防合同管理处，6 个勤务中心。全局主管三军通用物资近 200 万种，包括被服、油料、卫生材料、电子器材、工程器材、工业品和一般补给品八大类，实施三军通用物资的统一供应。与此同时，陆海空各自的后勤体系仍然存在，但只负责供应各自专用的武器装备（飞机、坦克、战术导弹、火炮、舰艇）及其他专用器材。这种统分结合的物资保障体制能够保证在突发速决的战争中对部队的及时补给，并避免浪费。在军用物资的储存和供给方面，各国采取了多种先进的技术手段。食品，特别是易腐食品（如蔬菜、水果等等）采用了罐装、冷藏、脱水处理、真空包装等等

技术，主副食的成品和半成品率大大提高，野战食品体积小、营养丰富、便于携带和食用。一些国家还制造了野战炊事车，直接担任战场饮食加工任务，饮用水净化技术和海水淡化技术也得到了应用。被装、帐蓬等织物类军需物品采用了防火阻燃的新面料，作战服轻便耐磨，具有防腐、防化学沾染和一定的防弹功能，储存和运输过程中采用了真空压缩等新技术。油料在现代战争中的消耗比重增加，各国除了建设专用的现代化军用油料仓库以外，还研制了新型油品，减少油料种类，发展了软体油罐，广泛使用了输油管线技术，飞机空中加油、舰艇海上加油技术有了进一步的提高，群车加油技术也得到普遍运用。除此之外，仓储与管理技术步入了现代化，快速远程运输工具得到了发展，并建立了物资调运的自动化系统。所有这些技术进步，对于适应现代战争的特点，在消耗巨大、单位时间内后勤保障的负荷显著加重的情况下，保证军用物资的及时供应起到了重要作用。

二、交通运输技术的发展

在现代战争中，对军事后勤的交通运输来说，需要与运力的矛盾、时效与速度的矛盾、军事运输线上封锁与反封锁、破坏与反破坏之间的矛盾更加突出。针对这种情况，第二次世界大战以后各国军队都进行了对策研究，大力发展军事后勤交通运输装备，使其朝着速度快、机动性强；装载量大，保障能性强；越野性能强，防护能力好；综合补给力强，自动化装卸能力高的方向发展。

一是研制出一大批品种齐全的军用运输工具。陆地的运输工具有各种大、中、小型的载重汽车、拖车，轮式和履带式载重越野车，履带式两栖雪地车，轮式和履带式装甲输送车，轮式水陆运输车，雪地沼泽地履带输送车，以及牵引车、起重车等等。新研制出的运输车辆载重量大，速度快，适应性好，性能优越。美国研制的M911型汽车，载重量22500公斤，最高车速71公里/小时，爬坡度20%，续驶里程344公里。美国1961年出产的M116履带雪地

车为两栖车，在水中可由履带推进，能安装御寒装置，在零下60华氏度的气温下正常行驶。最大速度公路为59.5公里/小时，水中为6.43公里/小时，最大爬坡度60%，通过垂直障碍高0.457米，通过壕沟宽1.473米。海上运输工具有兵员运输船、干货船、油水补给船、弹药补给船、支援船、破冰船、拖船、舰艇电站等各类运输船只。新研制的军用运输船吨位大，航速快，船上安装各种先进的装卸以及导航、通讯等设备。英国建造的3艘天狼星级战斗补给舰（T-AFS8-10）航速可达18节，续航力为12000海里/16节。美国建造的4艘萨克拉门托级快速战斗支援舰（AOE1-4），满载排水量为53600吨，可装载油料24000吨，军火2150吨，其他物资750吨，其中冷冻食品250吨，而其航速为26节，续航力为10000海里/20节。有一些国家还建造了专用的补给舰船，美国建造的2艘西蒙湖级潜艇供应舰（AS33-34）就专门用于弹道导弹潜艇的供应与保障，每艘可同时对3艘海神导弹潜艇进行补给。苏联建造的瓦拉河、乌拉尔、卢扎河运输船都是特种液体运输船。空中运输工具，有近、中、远程和大、中、小型运输飞机以及重、中、轻直升机等各类机型。新研制的运输机具有全天候、大载重、续航能力强等特点。美国1963年由洛克希德公司研制、并于1965年装备空军的C-141A重型运输机（运输星）可装载154名士兵，或127名伞兵，或32136—39103公斤物资，最大时速918公里，最大航程9880公里。美国1970年服役的C-5A重型运输机则主要用于运送坦克、导弹及其发射装置、架桥设备等大尺寸大重量的武器装备。1988年，苏联安东诺夫设计局研制了世界上最大的军用运输机——安-255巨型运输机，满载全重达600吨，可运载航天飞机和运载火箭等大型设备。

二是军事交通运输装备实现多功能化，并提高了自动化装卸能力，保证了快速运输和快速装卸。美国建造的马兹级战斗补给舰（AFS1-7），共7艘，有5个货舱（其中1个冷冻舱），轻载排水

量为9200吨，重载排水量18078吨，可进行食品、油料、弹药和各种军用器材的多种补给。美国建造的西蒙湖级潜艇供应舰(AS33-34)装有2部30吨吊车，4部5吨吊车，可以对军用物资实施自行装卸。美国于60年代建造的5艘苏里巴奇级军火船(AE21-25)，则装有快速自动输送设备，每小时可向舰艇补给军火141吨，最快时可达312吨。集装箱技术的运用是加快运输速度的重要技术途径。第二次世界大战期间，美军首先把集装箱用于军事运输。到60年代，美军在侵越战争中已大量使用民用和军用集装箱，其中仅军用集装箱就有15万个以上。70年代以来，集装箱运输已成为改进部队后勤供应的一项重要措施，一些发达国家的军队在充分利用民用集装箱的基础上，积极研制适合野战条件下运输的各种军用集装箱，开展海空陆联运，实现一体化运输，提高快速补给能力。在运输机的设计上，大多尾部都装有液压开启的大舱门和装货斜板，军用车辆和坦克可自行进出运输机。舱内客货布局快速更换，有的机型装有标准集装箱挂架、专用货盘和随机装卸系统。苏联于1975年服役的伊尔-76中远程运输机("耿直")就装有随机装卸装置，可不依赖地面设备支持自行装卸。

三是运输工具自我武装，实现运输与安全一体化。在军事运输线上封锁与反封锁、破坏与反破坏斗争十分激烈的情况下，第二次世界大战之后各国军队都注意了加强运输的安全措施，除了传统的增派战车、战舰、歼击机进行护航、护路、护车之外，还为各种运输工具配置防护设施和武器。一些发达国家改进了装甲输送车，提高了火力。装甲输送车1918年出现于英国，车体顶部为敞开式，配备轻型武器，主要依靠装甲防护。第二次世界大战后，车体开始改为封闭式，备有防原子装置，能通过放射性、化学和细菌沾染地段，车上配备有机枪、火箭筒和反坦克导弹发射装置，武器均安装在车体支架上或旋转炮塔内。这种装甲车能容纳摩托化步兵10—20人，也可以运送军用物资。战后的运输舰船上也大多配

备武器。美国建造的马兹补给舰,配有2架UH－46直升机,4门MK33双76毫米炮,2门MK16、20毫米舰炮,SLQ32电子战系统,MK36干扰火箭发射器等等。美国建造的威奇塔补给油船则配有2架UH46直升机,1座MK39海麻雀导弹发射架,4座MK67单20毫米炮,2座MK16、20毫米炮以及其他干扰器材。军用运输飞机也大多加载各种干扰器材,有的运输机可在必要的时候加挂空对空导弹。

三、卫勤技术的发展

在现代战争中,由于使用的武器装备技术含量高,作战对抗性强,战斗激烈程度上升,战斗减员率高且突发性显著;又由于战场由平面变为立体,攻防转换迅速,伤员的分布、流向不规则;再由于核武器和其它高技术武器具有特殊的杀伤效果,战场环境复杂,要在频繁机动中完成大批伤员的运送和救治难度很大。现代战争,特别是高技术战争对战时卫勤保障机动性、时效性和救治技术都提出了新的课题。第二次世界大战以后,军事卫勤技术朝着高效、机动、小型化的方向发展。在个人急救器材方面大多配有包装精巧、便于携带的急救包,其中包括高效止血药、多用途包扎绷带、小巧的防毒防化学沾染的防护器具等等,有的还配有寻呼器材以便受伤后呼救。战斗分队的卫生员除了配备常用的急救药品外,还配有进行包扎和简单手术处理的小型器械。野战救护所的卫生装备更加完备,医疗装备包括手术装备(含麻醉)、急救装备、监护装备、消毒和制剂装备等;检验、诊断装备,包括常规、生化、细菌检验、卫生检验、X线诊断等设备;还有救护所展开的房舍及电、水等辅助装备等等。卫生所所有器材大多实现了小型化,便于车载,甚至在一般的小型运输车和装甲车上即能展开手术;一次性器材(注射针头、输液软管等等)和软包装的输液袋、输血袋、氧气袋大量使用。军事卫勤装备技术的进步对于保障战场救护工作的顺利进行起到了很好的作用。

第二次世界大战后，军事卫勤技术发展最突出的成果是卫勤机动力量的增长。在现代战争条件下，机动卫勤保障的地位不断上升。为此，各国军队都着力研制一系列适应不同规模卫勤机动力量使用的设施和救生装备。首先是研制伤员后送运输工具。安全迅速的后送，是使伤员及时到达有效救治机构，得到良好外科处理的必要条件。各国针对现代战争战场复杂的环境，研制和开发出各种运输工具。其中包括适于火线搬运的多制式担架、装甲救护车；适应于不同地形条件、不同层次的系列救护车；可以用于伤员运输的直升机、卫生运输飞机、卫生运输列车、卫生运输船等。各种运输工具的质量有了很大的提高，具有消毒、防震、防暑、保温和一定的照明条件，以保证伤员生存的良好环境。现代的军用救护车装备有担架及其减震固定支撑装置，急救医疗器材和设备以及通风、取暖、照明等装置，其特点是乘坐较舒适，便于担架上下和实施急救。在海上有救生船，一种专门用于营救潜艇的救生船装有深水潜水设备，营救沉没潜艇人员脱险用的可容纳 8—10 人的救生钟，向沉没潜艇传送救生和食物的密封缸，向潜艇输送空气用的软管装置，通过水中声道及失事信号浮标与潜艇进行通信联络的器材等等。在空中有救护直升机和运输机。美国于 1959 年装备空军的 HH－43B 救护直升机，装备有消防与救护设备。1964 年美国研制的 HC－130H 救护运输机机头上安装了一个可伸缩的新型抢救系统，备有 4 只救生筏(每只可容 6 人，2 付担架，床铺，救援用绞车和 16 副个人装具)，随机还有 2 名专职救援技术员。其次是研制各种机动救治装备，第二次世界大战后的机动救治装备实现了功能配套，模块组合、包装坚固、展收方便、抗震防颠，适于各种运载条件。在发生战争的情况下，通过改装军事装备或征用民用设备，装配成海上医院船、空中飞机医院，以便机动到适宜的位置，很快形成选定条件下的或是新的医疗中心。

除此之外，第二次世界大战以后各种防病防护的机动卫生装

备也相继产生和发展起来。以卫生技术车辆为例,有医疗救治车辆;卫生、洗消车辆;医疗卫生补给车辆;专用诊断车辆;附属专用车辆与野战手术车、防疫侦察车、辐射化学侦察车、微生物检验车、消毒杀虫车、洗消车、沐浴车、制氧车、野战运血车等。其中,野战X线诊断车,车内分隔为驾驶室、诊断室、暗室三部分,配备有X线机、发电机组及必要的辅助设备,适于平时巡回体检和战时医疗诊断。野战化验车,备有色谱仪、光谱仪、质谱仪,放射性沾染测量仪等分析测定仪器,主要用于化验毒剂、毒物、毒素、消毒剂,测定染毒浓度及消毒彻底程度,测定粮秣、水源放射性活度。野战手术车的车箱结构一般为固定式,车上配备手术台、手术灯、手术器械、器械台、麻醉机、氧气瓶、药品敷料柜等成套设备,以及洗手、消毒、供水、供电、通风、取暖、降温装置,还配有附加帐蓬等用品。这些军用卫生设备的主要特点是机动迅速,展开和撤收方便,适合平时和战时的需要。

四、后勤技术保障的发展

在现代战争中,后勤技术保障的作用越来越突出。在第四次中东战争中,经过18天激战,双方共损失坦克3000余辆,战损率高达50%。以色列在整个战争期间总共被击毁1000多辆坦克,在戈兰高地作战的700辆坦克,平均每辆至少被打坏一次。但是,由于以色列军队非常重视技术保障工作,有一整套技术保障的措施和装备,所以在战争中能够成功地组织战场快速抢修,仅10天内就修复了700余辆战损坦克,使三分之二的坦克重新投入战斗。同时,以军还修复了从埃、叙军队中缴获的几百辆坦克,迅速地壮大了自己的装备,从而保证了战斗的胜利。50年代以来,新技术革命的成果在军事领域中得到广泛运用。技术含量高,保障要求高和实施难度大成为现代战争中后勤技术保障的三大前提环境,后勤技术保障的技术本身在这样的环境下也得到了发展。

一是针对武器装备技术含量高的特点，研制高技术的检测和维修器材。第二次世界大战以后，新技术革命对社会的各个方面带来了深刻影响，它必然在军队武器装备上得以应用。建立在新技术革命基石之上的军队武器装备是高技术群体的综合产物，包含着当代高技术的信息技术、新材料技术、新能源技术、生物技术、海洋技术和航天技术等等几乎所有的新技术，并形成了以军事为特点的信息、电磁、新材料、航天、航海、侦察、预警、制导、控制、隐形、夜视、核化、定向能等等技术群体。针对这种情况，第二次世界大战后，各国军队都加紧研制军事后勤技术保障器材，其中包括色谱仪、光谱仪、质谱仪、电磁检测、核检测、材料检测等等检测仪器，导弹修理场、潜艇修理坞等等工作平台和坦克、飞机、舰艇、导弹、现代通信设备等等专用的高技术维修工具。

二是针对现代战争武器损毁率高的特点，发展快速抢修技术。在现代战争中，由于核武器、精确制导武器的出现，武器的射速和射程普遍增大，加上战争节奏和进程加快，作战双方都投入大量的装备，武器和其它军事设施的毁损率很高。另外，现代战争的战斗间隙小，战役的连续性大，敌人封锁破坏严重，又使得被毁损的武器后送修理时间长，因而损坏的大量武器装备将主要靠实施现地技术保障。在海湾战争中，多国部队共有 20 多个种类，40 多个型号的 3000 多架飞机，每架飞机起飞一次就需要十几名技术人员进行维修保养，如果按每天出动 2000 架次计算，每天就需要几万人进行技术保障。根据现代战争的这种特点，第二次世界大战后各国军队都发展了快速抢修技术。有些国家研制了专用的快速抢修装备，如美国建造的 6 艘冈珀斯供应舰（AD37－38、41－44）能同时供应维修 6 艘导弹驱逐舰，有维修导弹，反潜武器，原子反应堆和电子设备的能力，美国建造的 6 艘垫枕打捞船（ARS38－43）专用于打捞、拖带失事或战伤的潜

艇，美国建造的4艘阿贾克斯修理船（AR5－8）、1艘宙斯海底电缆修理船（T－ARC7）、2艘海神海底电缆修理船（T－ARC2－7）用于电缆维修。这些快速维修装备与相应的技术配合，在战争中发挥了重要作用。在第四次中东战争中，以色列之所以能使三分之二的坦克"死而复生"，是因为有大批M88野战装甲抢修车和后勤人员熟练的抢修技能。在海湾战争中美军两栖攻击舰的黎波里号与导弹巡洋舰普林西顿号连续遭到水雷的攻击受损。此时，海军修理船"吉生号"立即施行快速抢修，迅速判定战损并实施修理。由于损伤的迅速判定和协助舰员进行损害管制及战损修理，使的黎波里号很快恢复了稳定性，普林西顿号则在10分钟内启动排水系统，又对破裂的油舱作了应急修补，2小时内恢复了对空作战系统，在撤离前的28小时以内，一直继续执行预定的对空预警任务，直至另一艘巡洋舰接替为止。

三是针对军事技术保障技术难度增大的特点，加快提高技术维护人员的素质。高技术在军事领域的广泛应用，明显地增大了实施技术保障的难度。第一，保障要素日趋高技术化，技术保障的保养、拆测、修理的难度提高，其内容由过去以机械维修为主逐渐转向机械、光、电子精密仪器以及计算机软件等多种高技术的维修。第二，武器损坏的机理增多，损坏种类复杂，不仅有某些部件的硬损坏，而且还有部分仪器的软损坏以及装备内部材料的结构损坏，技术保障的难度增大。第三，技术保障装备种类增多，对高技术装备的检测、维修、保养需要更为先进的高技术仪器和维修设备，自身技术保障的难度高，一旦损坏往往非一般的使用操作人员能自行维修。后勤技术保障技术的提高，不仅在于维修设备技术含量的提高，还在于后勤人员技术素质的提高。针对这一情况，第二次世界大战以后各国军队采取了很多措施：一是大量招募高技术人才，二是借助于社会的技术力量，三是提高现有人员的技术素质。

第二节 军事后勤C^3I技术

在现代战争中，军事后勤保障的要素日益增多，军事后勤的协作日益紧密，由此构成的庞大的军事后勤保障系统的复杂程度是可以想见的，对这一系统实施有效的指挥是非常困难的。第二次世界大战以后，各国军队借助于计算机技术的发展，在后勤指挥上采用了信息处理技术和指挥自动化技术。

一、军事后勤的信息处理技术

现代的军事后勤保障体系是一个庞大的系统。随着大量新式兵器的出现和武器装备的高技术化，随着战争形态、作战样式、战争手段、战斗进程、攻防速度的一系列变化，随着军队对平时和战时生存质量提出的更高要求，军事后勤保障的要素日益增多。仅就其基本要素来说：第一，在保障内容上包括物资保障、交通运输、医疗卫生、技术勤务、自我防卫等等方面。而物资保障又包括武器弹药的保障、油料的保障，生活品的保障等等；交通运输保障又包括陆地交通的保障，海上交通的保障，空中交通的保障等等；医疗保障又包括平时的防疫防病，战时的战场救护等等；技术勤务的保障又包括兵器的保养维护，交通设施的保养维护，通信器材的保养维护等等。如果再细分，可以列出一份庞大的清单。第二，在实施的过程上包括生产、储存、运输、发放、保养、维修等环节。而生产这一环节又包括原料采购、资金分配、组织开工、进行检验等环节；储存又包括进货、码堆、除湿、保温等环节。如果把设计、改型等科研环节也算在内的话，就更多了。第三，在保障对象上包括陆、海、空三军，三军中又有军、师、旅、团、营、连、排，还有舰队、基地、飞行部队、场站等等。再加上特种部队，如战略核基地、导弹部队、快速反

应部队，其保障的对象众多。第四，在保障的材料上包括金属材料、非金属材料、电磁材料、核材料、生物材料、化学材料等等。第五，在保障的技术上，包括信息技术、机械技术、电磁技术、材料技术、航天技术、航海技术、航空技术侦察、预警技术、制导技术、隐形技术、核技术、生物技术等等。随着科学技术的发展、军事和战争状态的进一步演变，军事后勤保障系统的要素将越来越复杂。

在第二次世界大战以后，各国军队面对日益复杂的军事后勤保障系统，纷纷采用了信息处理技术。信息处理技术就是对现有的和变化了的信息进行搜集、贮存、分析、综合、处理的技术。计算机的发明和发展，特别是微机的出现，为信息处理技术提供了技术条件。由于电子计算机具有运算速度快、计算精度高、信息存储量大、通用性好等特点，在军事后勤保障中可用来进行大量的信息贮存和数值计算。通过信息系统，把当前军事后勤中各方面的大量信息，按不同的要求，进行转换、分类、组织、存储和加工，以准确了解情况。同时，根据以往的数据和发生变化的信息，进行准确快速的数值计算或数据处理，以寻找出规律为进行军事后勤的决策提供依据。数据处理对量大面宽、复杂多变、时间性强的军事后勤保障工作来说，具有十分重要的意义。这种工作，用人工来做往往需要很长的时间而且非常容易出错或丢失数据，而使用信息处理技术则能够快捷准确地完成任务。因此，各国军队都十分重视在军事后勤保障中采用信息处理技术。美国建立的全球军事指挥控制系统互连计算机网（WIN）是世界上第一个全球计算机联机数据处理系统。包括有 35 个计算机主站，100 多个主处理机，65 个远程处理机和 3000 多个工作站，每天承担的信息量约为5.9 亿个字符，其中很大的一部分是后勤保障方面的数据处理。除了大型的信息处理系统之外，美军从总部到后勤保障分队都运用了信息处理技术，美陆军师配备“陆军战术

后勤计算机系统”60台，“分队级后勤计算机系统”120台，有力地保证了后勤业务的信息收集、处理和传输。美空军的信息处理技术的程度更高，95%的后勤仓库实现了包括找货、验货和装货的全信息化。

二、军事后勤的指挥自动化技术

在现代战争中，军事后勤保障的协同日益复杂。首先是军队内部的协同，包括后勤工作与军队作战行动之间的协同，后勤工作在不同的作战样式、不同的作战阶段确定不同的内容和重点，使其与作战行动一致起来；也包括军种后勤与合成军队后勤的协同，统一调度各军种专用的军用作战物资装备、设施和专门人才，海军的运输船只、码头和海上与岸上的技术管理人员，空军的客货运输飞机、机场和空地勤人员，工程兵的工程机械、专业建筑工程队伍等等。在现代战争中，军事后勤的保障工作不仅要搞好内部的协调，还要重视军队与地方的协调。要取得战争的胜利，往往需要依靠社会的力量。英军在马岛战争中，在很短的时间内就改装了大量远航的油船、飞机运载母舰、车辆运输船、运兵船、救援船、医院船，是军地协同的结果。美军在海湾战争中，大量使用了后备役部队和民间的维修力量，较好地解决了技术保障力量不足的矛盾。其中，美军与民间维修承包商签定了许多武器装备的维修合同。维修承包商派出了大量专业技术人员参与军队的技术保障工作，为部队提供了富足的技术知识，进行了必要的技术指导和技术服务。仅美陆军器材司令部管理的几个专门的技术维修机构中，就有代表60个维修承包商的1000多名地方技术人员。美国航空航天与度量衡中心在战争期间，还向海湾地区派出了一个“野战支援校正保障小组”，该小组对战区内几乎每一种飞机制导武器（包括陆军的“爱国者导弹”）的制导系统修理后的精度进行检测和校准。这些非军方的技术支持，在战争中发挥了十分重要的作用。军队与地方机构和单位之间的协同

是范围广泛关系更加复杂，内容更加繁多的协同。协同对象包括政府机关、地方各类工厂、物资、交通、卫生等企事业单位，协同内容包括专业人员、保障分队的编组；装备编配；各种通用装备和设施的数质量要求、集中地区，输送方式和接交安排等等，协同内容多、关系复杂。

搞好各方面的协同，准确有效地进行军事后勤指挥是一件十分困难的事情。第二次世界大战以后，各国的军队都非常重视改进和提高军事后勤指挥的能力，建立了科学化的后勤决策系统和集中统一的后勤指挥系统，采用了综合式的后勤指挥方式。从技术角度上说，则是普遍采用高效的军事后勤指挥自动化技术——后勤 C^3I。进入了信息时代后，发达国家国民经济中的物资流通、交通调度、人事管理等等资源分配已进入自动化管理阶段，在军队的作战指挥的信息处理和指挥自动化技术普遍采用的情况下，既为军事后勤利用社会资源和借鉴军队系统其他部门的经验创造了条件，又有力地带动了军队后勤的 C^3I 建设。80 年代末期，苏联的战略、战役后勤系统的许多专业都实现了指挥自动化，现俄罗斯军队各划区的的后勤保障中已经实现了无文书的信息交换，并对军用物资器材的调度实现了自动化管理。美军的进展更快，美军国防部早已建立了面向全军的后勤管理和指挥系统，目前三军后勤部门正在推广一种能代替后勤军官部分职责的计算机智能化辅助管理系统。所谓计算机的智能化就是指用计算机代替人的思维，来进行分析和决策。把这种技术运用到军事后勤保障上，能够准确地把燃油、弹药、食品、器材等成千上万种军事后勤物资及装备的分类信息（包括存放地点和存放条件），战事发展的状况与各军事单位对后勤保障的需求，以及可供选择的决策方案，通过计算机系统分析处理以后，实时地提供给后勤指挥部门。与此同时，还可以把最佳运输途径和方式的具体方案，迅速而又准确地提供给后勤物资装备分配部门、运输部门和

技术保障部门，一旦决策被指挥机关采纳就能够立即实施。后勤 C^3I 技术是当前各国军队后勤力量发展的一个热点，当自动化物资系统、自动化交通调度系统、自动化卫勤保障系统、自动化技术保障系统，以至覆盖全后勤的大 C^3I 系统建立和应用时，将大大提高后勤信息收集、传递、处理的时效性和准确性，大大提高军事后勤的保障能力。

结 束 语

军事科技从古到今经历了近5000年的历史,发展成一个蔚为可观的庞大体系。进入20世纪60年代以来,军事科技更以令人难以置信的速度向前发展。以海湾战争为代表的当代局部战争的实践向我们展示了未来战场必将是高技术力量激烈较量的舞台。"高技术"这一概念,最初出现在60年代美国出版的一本名为《高格调技术》的书中。到70年代,"高技术"一词开始被频繁使用。1981年,美国出版了《高技术》月刊(High Technology)。从此,"高技术"一词更加广泛地流传开来。军事高技术是当代科学技术迅速发展的产物,是一般高技术的特殊表现形态。当前,军用计算机技术、军用光电子技术、军用航天技术、军用人工智能技术、军用新材料技术、军用生物技术和军用新能源与软件工程技术等高新技术正在不断地创新。与此同时,工作原理和杀伤机制与现役大量使用的常规武器和核武器不同的新概念武器也在不断涌现。高技术的进步,为发展新概念武器系统开辟了前景。新概念武器极有可能成为21世纪武器装备发展的主流。目前正在研制并可望成功、能投入实战运用的新概念武器——定向能武器、动能武器、智能武器、非致命性武器(计算机病毒武器、声束武器、光弹、电磁脉冲弹、中子弹、伽玛射线弹、特种生物和化学战剂)一旦出现,将推动武器装备产生新的变革,使未来战争的手段、方法、样式和特点都发生巨大的变化。军事科技发展的历史没有终结,我们必须追踪它的足迹,努力把握未来,跟上世界军事科技发展的步伐。

参 考 文 献

《马克思恩格斯选集》第1—4卷，人民出版社1972年版

中国人民解放军军事科学院编译：《马克思恩格斯军事文集》，中国人民解放军战士出版社1981年版

《毛泽东选集》第1—4卷，人民出版社1969年版

《毛泽东选集》第5卷，人民出版社1977年版

《邓小平文选》第1—3卷，人民出版社1993年版

《邓小平思想研究》，国防大学出版社1993年版

俞世福主编：《邓小平新时期军事思想》，河北人民出版社1993年版

《中国大百科全书·军事》Ⅰ，中国大百科全书出版社1989年版

《中国大百科全书·军事》Ⅱ，中国大百科全书出版社1989年版

《中国军事百科全书·世界战争史分册（中）》，军事科学出版社1995年版

《中国军事百科全书·军事技术基础理论分册》，军事科学出版社1993年版

《中国军事百科全书·军事工程分册》，军事科学出版社1992年版

《中国军事百科全书·军队后勤分册》，军事科学出版社1983年版

《中军军事史》第六卷《兵垒》，解放军出版社1991年版

崔连仲编著：《世界军事后勤史》（古代部分），金盾出版社

1987 年版

徐德源主编：《世界军事后勤史》（中世纪部分），金盾出版社 1993 年版

霍震主编：《世界军事后勤史》（近代部分·上册），金盾出版社 1993 年版

霍震主编：《世界军事后勤史》（近代部分·下册），金盾出版社 1990 年版

刘文英主编：《世界军事后勤史》（现代部分·中册），金盾出版社 1992 年版

《自然科学大事年表》，上海人民出版社 1974 年版

《中国科学技术史稿》，科学出版社 1983 年版

郭世贞等编著：《军事技术发展简史》，蓝天出版社 1993 年版

刘方主编：《生产力经济学教程》，北京大学出版社 1988 年版

申漳著：《简明科学技术史话》，中国青年出版社 1981 年版

杨沛霆：《近代科学技术的继承与发展》，科学技术文献出版社 1979 年版

《新技术革命讲话》，解放军出版社 1986 年版

钱学森主编：《现代科学技术和科技政策》，中共中央党校出版社 1993 年版

张振龙主编：《军事经济学》，解放军出版社 1985 年版

李霖等主编：《国防经济理论与实务》，解放军出版社 1994 年版

童新远：《邮电史话》，新华书局 1962 年版

《国外电子工业概览》第二分册（上），四机部技术情报研究所 1979 年编

《国外电子工业概览》第二分册（下），四机部技术情报研

究所1979年编

《国外电子工业概览》第三分册，四机部技术情报研究所1979年编

华林、梅杨编译：《二十世纪科学技术的进展》，科学普及出版社1982年版

刘义昌主编：《高技术战争论》，军事科学出版社1993年版

《军事条目选编》军事工程上下册，总参兵种部百科编审室1987年版

《道路基础知识》，工程兵工程学院1984年版

《地雷障碍物》，军事工程学院1958年版

《外军地雷及扫雷器材》，工程兵司令部1981年版

《高技术与军事伪装》，国防大学出版社1993年版

肖津生主编：《高技术兵器装备辞典》，军事科学出版社1993年版

胥光义主编：《中国当代军队的后勤工作》，中国社会科学出版社1990年版

孙德秀主编：《军事后勤学》，国防大学出版社1990年版

史震、苏庆谊主编：《高技术与现代空军》，军事科学出版社1993年版

顾婉先主编：《预防医学概论》，上海科学出版社1988年版

钱永年著：《军用运输机》，解放军出版社1987年版

于振起、王大刚主编：《世界军事后勤史资料选编》（现代部分），金盾出版社1993年版

余用哲主编：《高技术战争后勤保障》，军事科学出版社版1995年版

余高达、高文远主编：《高技术战争后勤》，国防大学出版社1995年版

张宗治等主编：《科学技术史简明教程》，科学出版社1988

年版

[英] W·C·丹皮尔：《科学史》，商务印书馆 1975 年版

[英] J·D·贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社 1959 年版

[苏] H·A·莫洛夫等：《科学技术的进步与军事上的革命》，战士出版社 1982 年版

[美] T·N·杜普伊：《武器和战争的演变》，军事科学出版社 1985 年版

[德] W·康拉德：《近代科技史话》，科学普及出版社 1981 年版

[美] J·罗斯特基：《美国电学、电子学二百年发展史》，科学普及出版社 1981 年版

[美] G·阿西莫夫：《从元素到基本粒子》，科学出版社，1978 年版

[英] 克里斯托弗·钱特等：《空中战争大全》，国防大学出版社 1979 年版

[英] R·G·Lee 等：《制导武器》，兵器工业出版社 1990 年版

[美] E·B·波特主编：《海上实力》，海洋出版社 1990 年版